

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Fasade pada suatu bangunan memiliki peran yaitu sebagai selubung atau kulit yang membungkus bangunan dengan pilihan material *solid* dan transparan. Bidang kaca sebagai selubung bangunan vertikal merupakan salah satu elemen fasade yang turut menentukan karakter arsitektur dan kinerja termal sebuah bangunan. Bidang kaca diperlukan sebagai sarana visual antara penghuni dan lingkungan luar bangunan, serta dapat dimanfaatkan sebagai pencahayaan alami. Fungsi bidang kaca sebagai pencahayaan alami seringkali disertai dengan adanya peningkatan temperatur pada bangunan, ditinjau dari Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis. Indonesia mempunyai iklim tropis dengan karakteristik kelembaban udara yang tinggi (dapat mencapai angka hingga 80%), suhu udara yang relatif tinggi (dapat mencapai hingga 35°C), serta radiasi matahari yang menyengat serta mengganggu (Rahim.2012). Szokolay dalam '*Manual of Tropical Housing and Building*' menyebutkan kenyamanan tergantung pada variabel iklim (matahari / radiasinya, suhu udara, kelembaban udara, dan gerakan udara) dan beberapa faktor individual / subyektif. Apabila kemudian dikaitkan dengan salah satu hasil penelitian yang tertuang dalam buku Lippsmeier (menyatakan pada temperatur 26°C TE umumnya manusia sudah mulai berkeringat serta daya tahan dan kemampuan kerja manusia mulai menurun) dengan pembagian suhu nyaman orang Indonesia menurut Yayasan LPMB PU, maka suhu yang kita butuhkan agar dapat beraktivitas dengan baik adalah pada suhu nyaman optimal (22,8°C - 25,8°C dengan kelembaban 70%). Angka ini berada di bawah kondisi suhu udara di Indonesia yang dapat mencapai angka 35°C dengan kelembaban 80%. Peningkatan temperatur bangunan

akibat dari pemasukkan radiasi sinar matahari yang berlebih, dapat menyebabkan ketidaknyamanan bagi penghuninya.

Kondisi di atas yang kemudian dilakukan penerapan desain aktif pada bangunan sebagai solusi atas permasalahan yang timbul. Salah satunya adalah adanya pengkondisian udara buatan atau sering disebut AC (*Air Conditioning*). Penggunaan energi pendinginan buatan tersebut dapat membuat nilai konsumsi energi bangunan tersebut meningkat. Untuk membatasi beban eksternal, selubung bangunan merupakan salah satu elemen bangunan yang penting dan harus diperhitungkan dalam penggunaan energi. Karena fungsinya sebagai selubung eksternal itulah maka kriteria-kriteria konservasi energi perlu dipertimbangkan dalam proses desain suatu bangunan khususnya yang menyangkut perancangan bidang-bidang eksterior dalam hubungannya dengan penampilan tampak bangunan.

Untuk mengurangi beban eksternal pada bangunan, Badan Standardisasi Nasional Indonesia menentukan kriteria desain selubung bangunan yang dinyatakan dalam Harga Alih Termal Menyeluruh (*Overall Thermal Transfer Value*, OTTV) yaitu $OTTV \leq 35 \text{ Watt/m}^2$ yang tertuang dalam SNI 6389:2011 yang merupakan revisi dari SNI 03-6389-2000. Ketentuan ini berlaku untuk bangunan yang dikondisikan dan dimaksudkan untuk memperoleh desain selubung bangunan yang dapat mengurangi beban eksternal sehingga menurunkan beban pendinginan. Dengan memberikan nilai batas tertentu untuk OTTV maka besar beban external dapat dibatasi. Untuk itu dilakukan penelitian mengenai nilai perpindahan panas dalam bangunan atau nilai OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) dan hubungannya terhadap transfer termal pada bangunan.

Salah satu *High-rise building* yang berada di Kota Semarang adalah Gedung Menara Suara Merdeka, gedung ini berada di Jalan Pandanaran Semarang, yaitu gedung milik Suara Merdeka Group yang difungsikan sebagai bangunan *rental office* (kantor sewa). Menara Suara Merdeka

merupakan gedung perkantoran pertama di Semarang berkonsep *smart building* karena teknologi hijau ramah lingkungan yang diterapkan. *Chief Executive Officer* (CEO) Suara Merdeka Group Kukrit Suryo Wicaksono saat peresmian *topping off* Menara Suara Merdeka mengatakan, gedung yang berdiri di atas lahan seluas 3.096 meter persegi ini menerapkan konsep efisiensi energi melalui penggunaan kaca jendela yang dapat menyerap sinar matahari untuk mengurangi energi listrik yang digunakan. Beliau juga menyampaikan bahwa pendingin ruangan yang digunakan memakai sistem *Variable Refrigerant Volume* (VRV) untuk mencegah pendinginan berlebih sehingga dapat menghemat pemakaian daya listrik (Jumat, 27 April 2012). Gedung berlantai 15 dengan 2 basement ini terdiri dari area *entrance*, area perkantoran, area parkir dan area kantor pengelola. Salah satu gedung pencakar langit di Semarang ini bergaya modern yaitu terlihat dengan fasade yang minim akan ornamen dan penggunaan bahan fabrikasi yang didominasi oleh kaca. Penggunaan kaca *stop sol* dan *reflective glass* adalah salah satu solusi terhadap penurunan perpindahan panas matahari yang masuk ke dalam ruangan pada bangunan modern di daerah tropis. Gedung yang memiliki facade yang berorientasi ke selatan ini, didominasi oleh penggunaan kaca Stopsol pada bagian timur, dan *reflektive glass* di sisi selatan, barat dan utara. Mayoritas ruangan pada bangunan ini difungsikan sebagai kantor sewa yang dipastikan bahwa kenyamanan terhadap penggunaanya adalah syarat utama.

Gedung kantor sewa bertingkat banyak merupakan salah satu fungsi yang paling membutuhkan penghematan energi. Konsep desain yang sadar akan energi akan mereduksi pemakaian energi pada masa operasional, terlebih energi pada saat operasional pada kantor sewa adalah terbesar tingkat konsumsinya. Penggunaan energi dari bangunan didominasi oleh pengaruh iklim karena panas yang diperoleh dari konduksi langsung sumber panas atau infiltrasi atau ekfiltrasi udara melalui permukaan bangunan mencapai 50-80% dari energi yang dikonsumsi.

Beberapa penelitian terkait pengaruh desain selubung bangunan terhadap nilai perpindahan panas matahari pada bangunan tinggi dengan dominasi material kaca telah dilakukan. Antara lain penelitian yang dilakukan oleh Sandra Lukita Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya dalam jurnal berjudul Analisis Konservasi Energi melalui Selubung Bangunan (Civil Engineering Dimension, Vol. 8, No. 2, 93–98, September 2006 ISSN 1410-9530) menyebutkan bahwa Menara Batavia Jakarta memiliki nilai OTTV 61,5 W/m² ; Menara Global Jakarta dengan nilai OTTV 68,92 W/m² ; Wisma SMR Jakarta dengan nilai OTTV 75,89 W/m². Gedung-gedung tersebut memiliki persamaan desain yaitu bangunan berlantai banyak dengan dominasi material kaca sebagai selubung bangunan dan desain gedung tanpa *sun shading / shading device*. Pada penelitian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa semakin besar WWR suatu gedung makin besar pula nilai OTTV dan Beban Pendinginan External maksimum. Hal ini dijelaskan dengan makin besarnya bidang fenetrasi, maka radiasi matahari dan konduksi panas lewat bidang fenetrasi yang masuk ke dalam bangunan bertambah besar. Didukung pula dengan tidak adanya *shading device* sebagai elemen pembayangan pada bangunan yang berfungsi mereduksi panas yang masuk ke dalam bangunan.

1.2. Rumusan Masalah

- 1.2.1 Gedung Menara Suara Merdeka merupakan gedung setinggi 15 lantai (+2 lantai basement) dengan dominasi material kaca yang digunakan sebagai selubung bangunan yang selain berfungsi sebagai nilai estetika juga sebagai media pencahayaan alami yang seringkali disertai dengan peningkatan temperatur pada bangunan, mengingat Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis lembab.
- 1.2.2 Peningkatan temperatur bangunan akibat dari pemasukkan radiasi sinar matahari yang berlebih, dapat menyebabkan

ketidaknyamanan bagi penghuninya. Kondisi tersebut membuat bangunan menerapkan desain aktif sebagai solusi yaitu dengan pengkondisian udara buatan (AC).

1.2.3 Sehingga yang menjadi permasalahan adalah seberapa besar pengaruh desain dan material pada selubung bangunan terhadap transfer termal pada ruangan di dalam bangunan kaca berlantai banyak tersebut.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh desain dan material selubung bangunan terhadap transfer termal pada bangunan kaca berlantai banyak, dengan studi kasus Gedung Menara Suara Merdeka Semarang.

1.4. Sasaran Penelitian

1.4.1 Mengidentifikasi material (baik tembus cahaya dan yang tak tembus cahaya) yang digunakan sebagai selubung bangunan baik dari jenis material, ukuran, luasan serta faktor-faktor internal dan eksternal dari bangunan tersebut yang dapat mempengaruhi masuknya radiasi matahari ke dalam bangunan.

1.4.2 Mengukur perpindahan panas pada gedung, dilakukan perhitungan menggunakan rumus *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) yang kemudian dibandingkan dengan standar tentang konservasi energi melalui selubung bangunan pada bangunan gedung yaitu Standar Nasional Indonesia SNI 6389-2011.

1.5. Lingkup Penelitian

1.5.1 Lingkup Substansial

Kajian OTTV berdasarkan standar tentang konservasi energi melalui selubung bangunan pada bangunan gedung yaitu Standar Nasional Indonesia SNI 0389-2011

1.5.2 Lingkup Spasial

Gedung Menara Suara Merdeka Jalan Pandanaran No. 30 Semarang 50134, lantai 9 dan 10 sebagai area sampel yang mewakili kondisi gedung secara keseluruhan.

1.6. Manfaat Penelitian

1.6.1. Manfaat Teoritis

Bagi akademik atau bidang keilmuan arsitektur, penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk mengetahui bagaimana merancang selubung bangunan yang memenuhi kriteria konservasi energi pada bangunan dan dapat menjadi pustaka dan bahan pertimbangan dalam penelitian terkait OTTV selanjutnya.

1.6.2. Manfaat Praktis

Bagi industri, dapat menjadi acuan dalam pengembangan produk agar spesifikasi bahan dapat memenuhi persyaratan konservasi energi. Bagi masyarakat pada umumnya, penelitian ini diharapkan mampu memberi gambaran mengenai pengaruh dari desain bangunan dan pemilihan material terhadap kinerja termal.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Iklim Tropis Lembab di Indonesia

Istilah Tropis berasal dari kata “*tropikos*” yaitu Bahasa Yunani kuno yang artinya adalah garis balik, yang merupakan 40% bagian dari seluruh luas permukaan bumi. Orbit bumi sedemikian rupa sehingga matahari memiliki posisi maksimal di 23°45' Lintang Utara dan 23°45' Lintang Selatan sepanjang tahun (*Lippsmeier 1997*). Garis lintang utara adalah garis balik cancer dimana posisi matahari pada tanggal 22 Juni adalah garis tegak lurus, sedangkan garis lintang selatan adalah garis balik Capicorn dimana posisi matahari pada tiap tanggal 23 Desember berada pada posisi tegak lurus. Menurut Lippsmeier, yang menjadi cakupan daerah tropis adalah daerah yang terletak antara garis isotherm 20°C di sebelah utara dan selatan bumi.

Secara klasik iklim tropis dibagi dua yaitu tropis basah dan tropis kering. *De Wall* membagi iklim tropis menjadi 10 klasifikasi berdasarkan suhu harian rata-rata dan perbedaan antara suhu siang dan malam. Dalam pengelompokan ini, hanya kota atau wilayah yang memiliki suhu udara harian rata-rata 28°C atau lebih dimasukkan dalam katagori iklim tropis. Jakarta disebutkan sebagai masuk dalam kategori pertama, dengan suhu rata-rata 28°C serta deviasi sekitar 7°, sementara kota-kota sejuk seperti Bandung, Malang, Bukit Tinggi, Prapat, dan lainnya tidak masuk dalam klasifikasi tropis yang dirumuskan oleh *De Wall* karena memiliki suhu rata-rata harian yang lebih rendah. Ciri yang menonjol pada iklim tropis (*Karyono 2001*) adalah tingginya suhu rata-rata harian dibanding pada iklim lain.

Daerah tropis lembab ditandai oleh kelembaban udara yang relatif tinggi sekitar 90%, curah hujan yang tinggi, serta temperature rata-rata tahunan sekitar 23°C yang dapat meningkat hingga 38% dalam musim panas, perbedaan antara musim relatif kecil hanya ada periode sedikit hujan dan periode banyak hujan yang disertai angin sgaris lintang selatan

15'. Indonesia terletak di daerah katulistiwa dimana secara umum daerah yang paling panas adalah daerah yang paling banyak menerima radiasi matahari.

Keterangan yang lebih spesifik mengenai iklim tropis lembab adalah sebagai berikut (Soegijanto 2000) :

a. Temperatur Udara

- Maksimum rata-rata 27°C – 32°C
- Minimum rata-rata 20°C – 23°C

b. Kelembaban Udara rata-rata 75-80%

c. Curah hujan selama setahun antara 1.000 mm-5.000 mm.

d. Kondisi langit pada umumnya berawan dengan jumlah awan antara 60%-90%

e. Luminasi langit untuk langit yang seluruhnya tertutup awan tipis cukup tinggi, ialah dapat mencapai lebih dari 7.000 kandela / m², sedangkan yang seluruhnya tertutup awan tebal sekitar 850 kandela/m².

f. Kecepatan angin rata-rata adalah rendah sekitar 2-4 m/detik.

Lebih lanjut, G. Lippsmeier menyatakan bahwa kondisi iklim yang harus diperhatikan dan dipertimbangkan dalam perencanaan bangunan di daerah tropis adalah :

a. Radiasi Matahari

b. Kesilauan

c. Temperatur dan perubahan temperature

d. Resipitasi (curah hujan)

e. Kelembaban udara

f. Gerakan udara

g. Pencemaran udara

2.2. Pengertian Kenyamanan Termal

Dalam buku karangan Ellsworth Huntington (1951) yang berjudul "*Principles of Human Geography*" menyebutkan bahwa kondisi iklim dan lingkungan yang tidak sesuai bagi manusia akan berdampak kepada

produktivitas dan kesehatannya. Tubuh manusia akan memberikan tanggapan terhadap kondisi yang terjadi di lingkungannya, salah satunya adalah kondisi termal lingkungan. Tanggapan utama terhadap kondisi termal lingkungan adalah rasa panas dan dingin (*thermal sensation*) dan ketidaknyamanan akibat kulit terasa basah (*sensible perspiration*).

Pengertian kenyamanan termal sendiri menurut beberapa sumber antara lain :

- a. Kenyamanan termal adalah suatu kondisi dimana tercipta keseimbangan termal yang tetap antara manusia dan lingkungannya (*Givoni 1998*).
- b. Kenyamanan termal adalah batas-batas dari kondisi iklim yang dianggap nyaman dan dapat ditoleransi dalam bangunan yang berarti ketiadaan sensasi (panas atau dingin) ketidaknyamanan termal (*Givoni 1998*).
- c. Kenyamanan termal adalah kondisi seseorang merasa nyaman terhadap lingkungannya (*Fanger 1970*).
- d. Kenyamanan termal adalah suatu pernyataan kepuasan yang bersifat subyektif yang berbeda bagi setiap individu dan tergantung pada kondisi lingkungan yang berlaku pada saat itu (*Moore 1993*).

Lippsmeier (1994) menyatakan bahwa batas kenyamanan untuk kondisi khatulistiwa memiliki rentang dengan batas bawah 19°C TE hingga 26°C TE. Pada temperatur 26°C TE, banyak manusia mulai berkeringat. Batas-batas kenyamanan dinyatakan dalam temperatur efektif menurut Lippsmeier dapat dilihat pada Tabel II.1.

Tabel II.1. Batas Kenyamanan dalam Temperatur Efektif

Pengarang	Tempat	Kelompok manusia	Batas Kenyamanan
ASHRAE	USA Selatan (30°C)	Peneliti	20,5°C TE – 24,5°C TE
Rao	Calcutta (22°LU)	India	20°C TE – 24,5°C TE
Webb	Singapura, Khatulistiwa	Malaysia	25°C TE – 27°C TE
Mom	Jakarta (6°LS)	Indonesia	20°C TE – 28°C TE
Ellis	Singapura Khatulistiwa	Eropa	22°C TE – 26°C TE

Sumber : Lippsmeier, 1994

Temperatur dalam ruangan yang sehat berdasarkan MENKES No.261/MENKES/SK/II/1998 adalah temperatur ruangan yang berkisar antara 18°C - 26°C. Selain itu, berdasarkan standar yang ditetapkan oleh SNI 03-6572-2001, ada tingkatan temperatur yang nyaman untuk orang Indonesia atas tiga bagian yang dapat dilihat pada Tabel II.2.

Tabel II.2. Tabel Batas Kenyamanan Termal

	Temperatur Efektif (TE)	Kelembaban / RH (%)
Sejuk Nyaman	20,5°C TE – 22,8°C TE	50%
Ambang Atas	24°C TE	80%
Nyaman Optimal	22,8°C TE–25,8°C TE	70%
Ambang Atas	28°C TE	
Hangat Nyaman	25,8°C TE–27,1°C TE	60%
Ambang Atas	31°C TE	

Sumber : SNI 03-6572-2001

2.3. Faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal

Menurut Houghton dan Yaglo (*'Determining Lines of Equal Comfort', Transactions of America Society of Heating and Ventilating Engineers* Vol. 29, 1923) kenyamanan termal dipengaruhi oleh faktor radiasi panas, temperatur, kelembaban udara dan gerakan udara yang disebut sebagai temperatur efektif (TE).

2.3.1. Temperatur udara

Faktor utama yang mempengaruhi temperatur udara adalah proses pemanasan dan pendinginan permukaan benda / bumi. Panas / dingin yang terjadi di udara adalah akibat persinggungan udara dengan permukaan yang panas / dingin. Selanjutnya lapisan udara tersebut akan memanaskan / mendinginkan lapisan di atasnya.

2.3.2. Kelembaban Udara

Kelembaban udara adalah kandungan uap air di udara. Sumber dari uap air tersebut antara lain adalah penguapan air laut, permukaan yang basah, respirasi/pernafasan dari tumbuhan dan juga dari tubuh manusia. Tingkat kelembaban udara akan berbeda

apabila jumlah pengguna di suatu tempat yang sama berbeda. Kelembaban udara juga dipengaruhi angin. Semakin sering dan kuat angin, kelembaban udara akan semakin menurun, karena angin membawa dan mendistribusikan uap air yang ada di udara.

2.3.3. Gerakan Udara

Gerakan Udara terjadi karena perbedaan tekanan udara pada suatu area dengan area di sekitarnya. Udara mengalir dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Dalam proses pergerakannya udara membawa suhu udara dingin dan uap air. Gerakan udara dalam ruang dipengaruhi bentuk geometri dan lokasi bukaan pada ruang tersebut terhadap arah datangnya angin.

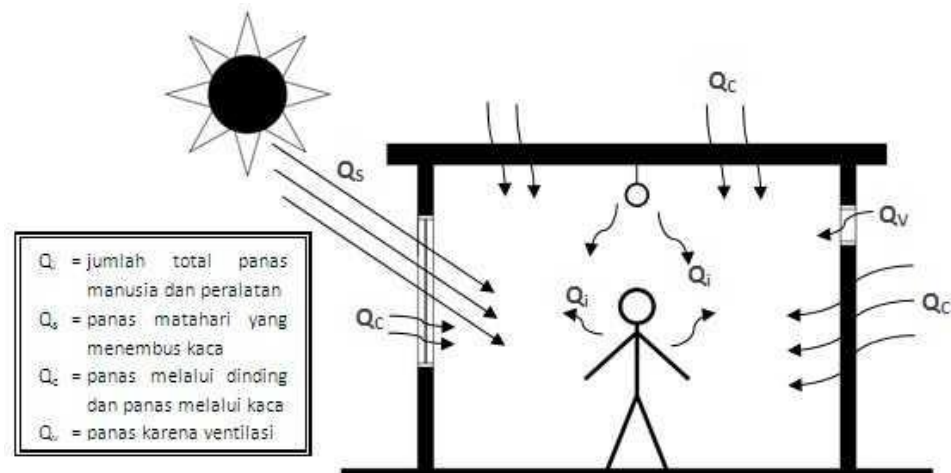
2.4. Pengaruh Matahari di Daerah Tropis

2.4.1. Radiasi Matahari

Radiasi matahari adalah pancaran energi yang berasal dari proses thermos - nuklir yang terjadi di matahari. Energi radiasi matahari berbentuk sinar dan gelombang elektromagnetik. Spektrum radiasi matahari sendiri terdiri dari dua jenis yaitu, sinar bergelombang pendek diantaranya, sinar x, sinar gamma, sinar ultra violet, dan sinar bergelombang panjang seperti sinar infra merah. Radiasi matahari memancarkan sinar ultra violet (6%), cahaya tampak (48%) dan sinar infra merah yang memberikan efek panas sangat besar (46%).

Radiasi matahari ini merupakan faktor utama pada perancangan dengan iklim tropis karena radiasi matahari berlebih akan mempengaruhi pertambahan panas bangunan. Pertambahan panas bangunan dapat terjadi dari berbagai sumber, akan tetapi radiasi matahari yang masuk ke dalam bangunan melalui selubung bangunan menjadi penyumbang yang terbesar. Sehingga untuk menghasilkan desain yang optimal dalam mereduksi radiasi matahari ini, harus mengetahui parameter-parameter desain yang

mempengaruhinya. Untuk lebih jelasnya mengenai masuknya energi radiasi matahari ke dalam bangunan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Perpindahan Panas pada Bangunan
Sumber : Paulus A.S. (2012)

Kuantitas total panas matahari yang mengenai permukaan terdiri dari radiasi langsung (*direct radiation*) yang tidak terbayangi dan radiasi tidak langsung (*diffuse radiation*) yang berasal dari pembiasan langit serta pemantulan permukaan bangunan dan tanah sekitar.

Pengaruh radiasi matahari, ditentukan terutama oleh “durasi, intensitas, dan sudut jatuh”. Ketiga faktor ini perlu mendapat perhatian dalam perancangan bangunan (Lippsmeier 1997).

2.4.4.1. Durasi

Lamanya durasi penyinaran matahari setiap hari dapat diukur dengan orogral sinar matahari “forografis dan thermo elektris”. Lamanya penyinaran maksimum dapat mencapai 90% tergantung pada musim, garis lintang, geografis tempat pengamatan dan kerapatan awan. Daerah tropis memiliki waktu remang pagi dan senja atau sore hari yang pendek. Semakin jauh dari khatulistiwa, waktu remang semakin panjang. Sedangkan cahaya siang bermula dan berakhir saat

matahari berada 18°C dibawah garis khatulistiwa (Lippsmeier 1997).

2.4.4.2. Intensitas Matahari

Perbedaan karakter dan variasi atmosfer kondisi-kondisi setempat selalu berbeda, meskipun berada pada letak geografis dan ketinggian yang sama. Besarnya intensitas radiasi matahari ditentukan oleh (Lippsmeier 1997) :

- a. Energi radiasi absolut
- b. Hilangnya energi pada atmosfer
- c. Sudut jatuh pada bidang yang disinari
- d. Penyebaran radiasi

2.4.4.3. Sudut Jatuh

Sudut jatuh ditentukan oleh posisi relative matahari, lokasi pengamatan di bumi serta beberapa hal, seperti (Lippsmeier 1997) :

- a. Sudut lintang geografis tempat pengamatan
- b. Musim
- c. Lama penyinaran harian, yang ditentukan oleh garis bujur geografis tempat pengamatan.

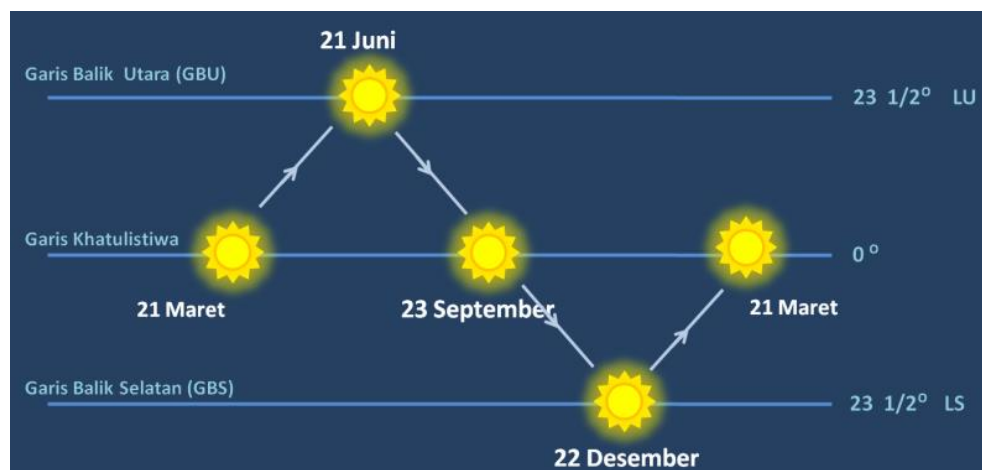
Untuk orientasi bangunan dan perlindungan terhadap cahaya matahari, berlaku aturan dasar berikut (Lippsmeier 1997) :

- a. Sebaiknya fasade terbuka menghadap ke selatan atau utara, agar meniadakan radiasi langsung dari cahaya matahari rendah dan konsentrasi tertentu yang menimbulkan penambahan panas
- b. Di daerah iklim tropis lembab diperlukan pelindung untuk semua lubang bangunan terhadap cahaya langsung dan tidak langsung, bahkan bila perlu untuk seluruh bidang bangunan, karena bila langit tertutup awan, seluruh bidang langit merupakan sumber cahaya

- c. Di daerah iklim tropis-kering, dalam musim panas diperlukan pelindung untuk lubang-lubang pada dinding bangunan tertutup. Dalam musim dingin kadang diperlukan juga.
- d. Studi yang tepat menggunakan sudut jatuh sinar matahari sangat diperlukan, karena hanya dengan ini pelindung cahaya dan orientasi bangunan dapat ditentukan dengan benar dan menguntungkan. Pelindung matahari pada setiap orientasi fasade memiliki perhitungan desain yang berbeda, karena kondisi posisi matahari di setiap orientasi juga berbeda.

2.4.2. Lintasan Matahari

Lintasan matahari bergerak dari ufuk timur ke barat. Lintasan ini adalah semu karena sebenarnya bumilah yang mengitari matahari. Orbit bumi terhadap matahari menyebabkan seolah matahari mengalami pergeseran dari $23^{\circ}45' \text{ LU}$ - $23^{\circ}45' \text{ LS}$.



Gambar 2.2 Lintasan Matahari

Sumber : Lippsmeier, 1997

2.4.3. Pantulan dan Penyerapan

Intensitas dan pantulan cahaya matahari yang kuat merupakan gejala dari iklim tropis. Cahaya yang terlalu kuat dan kontras yang terlalu besar (*brightness*) dirasakan kurang

menyenangkan, di sini perlu diperhatikan perbedaan mendasar antara daerah tropis kering dan tropis basah. Di daerah lembab tingginya kelembaban udara dapat menimbulkan efek silau pada langit, berarti mata yang memandang ke atas menjadi silau.

2.4.4. Temperatur

Wilayah khatulistiwa adalah daerah yang paling panas, dengan menerima radiasi matahari terbanyak. Temperatur maksimum dicapai 1 hingga 2 jam setelah tengah hari karena saat itu radiasi matahari langsung bergabung dengan udara yang sudah panas, barat laut atau fasade barat, tergantung pada musim dan garis lintang. Sedangkan temperatur terendah terjadi sekitar 1 hingga 2 jam sebelum matahari terbit. Sebanyak 43% radiasi matahari dipantulkan kembali, 57% diserap (14% atmosfer dan 43% oleh permukaan bumi).

2.5. Fasade Bangunan

Fasade adalah elemen arsitektural terpenting untuk mengkomunikasikan fungsi dan tanda dari sebuah bangunan. Fasade bangunan merupakan selubung bangunan yang sering terkena radiasi matahari setelah atap bangunan. Untuk daerah dengan iklim tropis lembab di Indonesia, selain kelembaban udara dan pengaruh faktor kecepatan angin, maka radiasi matahari merupakan faktor utama yang akan dihadapi oleh fasade bangunan (*Soegijanto 1999*).

Fasade adalah dinding terluar bangunan. Dinding-dinding bangunan dari segi fisika bangunan mengemban tugas atau kombinasi dari sekian fungsi di bawah ini (*Mangunwijaya 2000*) :

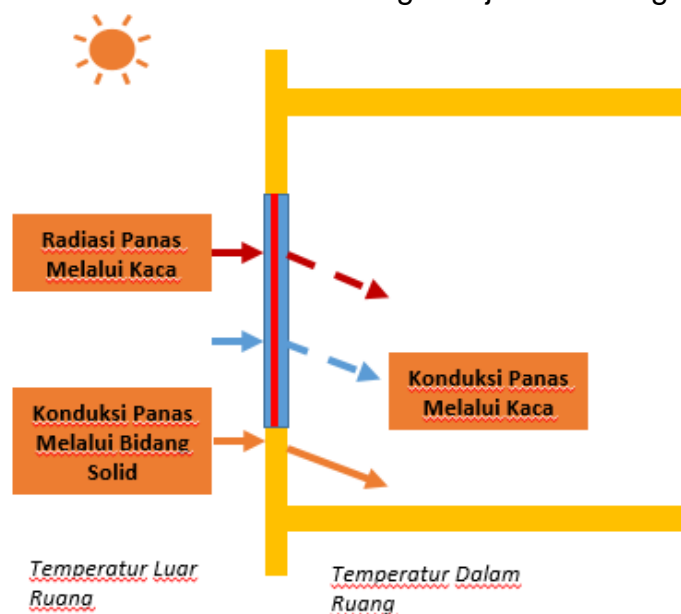
- a. Fungsi pemikul beban di atasnya.
- b. Fungsi penutup atau pembatas ruangan, baik visual maupun akustik
- c. Menghadapi alam luar dan dalam

Selubung bangunan atau amplop bangunan bukan hanya bentuk dua dimensi permukaan luar saja melainkan suatu ruang transisi yang

berperan sebagai teater interaksi antara ruang luar dan ruang dalam (Mangunwijaya 2000).

Selubung bangunan sebagai kulit bangunan yang bereaksi langsung terhadap kondisi iklim ditentukan dari jenis material yang digunakan. Material bangunan menjadi media perantara antara temperatur luar ruang dan radiasi matahari dengan temperatur dalam ruang. Pemilihan material bangunan yang akan digunakan dipengaruhi pertimbangan iklim. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan yaitu karakteristik dan ketebalan material dan warna permukaan luar dari material. Faktor karakteristik material yang paling menentukan adalah nilai transmisi panas atau *u-value* dan termal *resistance*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa radiasi matahari adalah penyumbang jumlah panas terbesar yang masuk ke dalam bangunan. Besar radiasi matahari yang ditransmisikan melalui selubung bangunan dipengaruhi oleh fasade bangunan yaitu perbandingan luas kaca dan luas dinding bangunan keseluruhan (*wall to wall ratio*), serta jenis dan tebal kaca yang digunakan. Seperti ilustrasi pada Gambar 2.3 menunjukkan proses masuknya radiasi matahari melalui dinding dan jendela bangunan.



Gambar 2.3 Proses Masuknya Panas ke dalam Bangunan

Sumber : Menciptakan Kenyamanan Termal Bangunan, Basaria Talarosha, 2005

Selain itu untuk material dinding mempunyai waktu tunda pemindahan panas ke dalam bangunan yang disebut dengan istilah *time lag*. Saat energi panas jatuh pada permukaan dinding, partikel-partikel pada lapisan pertama akan menyerap sejumlah panas sebelum panas diteruskan kepada lapisan berikutnya. Ini akan menyebabkan efek penundaan (*time lag*), sehingga temperatur puncak dari lingkungan baru dirasakan di dalam ruang beberapa waktu kemudian.

2.6. Kaca sebagai Material Selubung Bangunan

Kaca merupakan bahan anorganik yang dapat memiliki sifat jernih, tembus cahaya atau berkilau. Sifat paling menonjol dari suatu jenis kaca tergantung jumlah unsur pembentuknya.

Kaca tidak sepenuhnya transparan, karena sebagian cahaya yang jatuh akan direfleksikan dan sebagian akan diserap oleh warna kaca. Transmisi cahaya yang melewati kaca, sebagian diubah ke energi lain, umumnya ke dalam energi panas. Perubahan energinya tergantung dari ketebalan kaca. Sifat ini terkadang dianggap merugikan misalnya pada kasus kaca jendela, karena menimbulkan panas pada ruangan.

Beberapa aplikasi kaca pada bangunan khususnya sebagai selubung bangunan adalah,

2.6.1. Kaca Sebagai Dinding Bangunan

Kaca sebagai bahan yang memiliki ketahanan yang tinggi terhadap bahan kimia dan pengaruh korosi serta memiliki sifat transparansi yang tinggi, sangat cocok digunakan sebagai bahan kulit bangunan. Hanya silika (larutan *hydrofluoric acid*) yang dapat menyerang permukaan kaca sehingga menyebabkannya menjadi terlihat buram. Larutan basa yang mungkin timbul dari beton berdekatan atau dari bahan kapur pada bagian bangunan lain juga dapat merusak permukaan kaca. Akan tetapi, kaca memiliki kelebihan dengan sifat-sifat sebagai bahan akustik yang baik serta

memiliki sifat optik dan ketahanan yang tinggi terhadap temperatur sehingga cocok untuk digunakan sebagai elemen penutup bangunan. Sifat-sifat teknis yang dapat dibentuk dari bahan kaca seperti insulasi panas, bahan akustik dan transmisi cahaya dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan kenyamanan dalam bangunan. Penggunaan kaca harus disesuaikan dengan kebutuhan dalam bangunan dan tipe/jenis kaca seperti bangunan yang memerlukan tingkat insulasi panas atau kualitas akustik yang baik. Selain pemilihan tipe kaca yang tepat, sambungan merupakan hal yang paling penting untuk diperhatikan dalam instalasi kaca sebagai dinding bangunan. Kekuatan dapat berkurang atau bertambah pada sambungan tersebut.

Bentuk bangunan menjadi penentu dalam kesuksesan pemilihan kaca pada kulit bangunan. Selain memiliki efek terhadap termal dan akustik, kaca merupakan bahan yang dapat memberikan estetika pada bangunan. Pemilihan bentuk dan penempatan material kaca dapat memberikan efek visual yang sangat baik pada bangunan.

2.6.2. Kaca Sebagai Struktur Bangunan

Kaca tidak hanya dapat difungsikan sebagai elemen arsitektural bangunan namun dapat pula berfungsi sebagai elemen struktural bangunan. Kaca dapat difungsikan sebagai penerima beban-beban pada bangunan. Kekuatan dapat berasal dari bahan kaca sendiri dengan perkuatan dari bentuk struktur dan sambungan.

Bahan kaca dapat memberikan bentuk struktur seperti yang dibentuk oleh material lain. Struktur seperti *portal*, *frame*, *arch*, *shell*, *space frame* dan bentuk struktur lain dapat menggunakan bahan kaca.

2.6.3. Efisiensi kaca

Kemampuan meneruskan cahaya tampak diukur dari nilai *visiblelight transmittance* (VT), *solar heat gain coefficient* (SHGC) dan termal *transmittance* (U) merupakan tolok ukur besarnya transmisi panas secara radiasi dan secara konduksi sebuah bahan. Nilai optimal kinerja energi bahan transparan dinyatakan sebagai rasio antara VT dan SHGC bahan transparan tersebut yang disebut sebagai *light to solar gain* (LSG). Bahan transparan dengan LSG $\geq 1,4$ sangat direkomendasikan untuk daerah tropis lembab (*skylighting guidelines*).

2.6.4. Jenis kaca dan Penerapannya dalam Arsitektur

Saat ini jenis kaca sangat beragam diproduksi sesuai dengan penggunaannya dalam bangunan. Jenis kaca yang penting dan umum digunakan sebagai bahan bangunan *high rise* adalah sebagai berikut :

a. Clear Glass

Merupakan kaca yang jelas dan transparan yang memberikan bayangan objek dibelakangnya dengan sangat jelas.

b. Kaca laminasi (*Laminated Glass*)

Kaca laminasi merupakan kaca yang terdiri dari 2 atau lebih lapisan dengan satu atau lebih lapisan transparan dengan penambahan bahan plastic Polyvinyl butiral [PVB] diantara kedua lapisannya. Sifat kaca diperkuat dengan adanya lapisan PVB. Aplikasi penggunaan kaca laminasi antara lain untuk bangunan perkantoran, bank, museum, toko perhiasan dll.

c. Kaca reflektif (*Reflective glass*)

Kaca reflektif merupakan kaca yang dilapisi logam pada salah satunya untuk meningkatkan refleksi panas dan cahaya. Jenis kaca ini memiliki kelebihan pada estetikanya dan mengurangi panas dan silau pada eksterior bangunan. Jenis kaca ini juga

dapat mengurangi beban AC. Penggunaan kaca reflektif misalnya pada *entrance* bangunan, fasad bangunan dan pada bagian lain yang memerlukan perlindungan terhadap cahaya matahari.

2.7. Sun Shading

Pembayangan sinar matahari adalah merupakan salah satu cara yang efisien untuk mengurangi beban panas. Pada iklim tropis, perambatan panas ke dalam ruangan harus memperhatikan kenaikan suhu udara di dalam ruangan.

Faktor-faktor yang harus dipenuhi adalah :

- a. Tidak silau / tidak *glare*
- b. Melindungi bangunan dari hujan
- c. Mampu menghalangi atau mengurangi masuknya panas (mengontrol hantaran panas)
- d. Memberikan view keluar yang cukup
- e. Mampu memperlancar aliran angin
- f. Memenuhi estetika yang baik
- g. Jumlah sinar yang masuk untuk penerangan alam juga terpenuhi.

Menurut Lechner (2001), *Sun Shading* merupakan salah satu strategi dan langkah pertama untuk mencapai kenyamanan termal didalam bangunan, akan tetapi untuk mencapai kenyamanan termal terdapat aspek lain yang harus diperhitungkan.

2.7.1. Jenis dan Bentuk Sun Shading

Jenis *Sun Shading* sangat beragam dan terbagi menjadi beberapa klasifikasi, *Sun Shading* dibagi menjadi 3 (tiga), yaitu *External*, *Interpane*, dan *Internal*. Dan berdasarkan dari ketiga jenis diatas, *External Sun Shading* adalah *Sun Shading* yang efektif saat musim panas. Mengingat iklim Indonesia beriklim tropis dimana suhu rata-rata yang tinggi, peletakan *Sun Shading* pada luar bangunan adalah yang efektif.

Menurut B.Givoni (1976) *Shading* berfungsi mengontrol sinar matahari yang masuk pada bangunan. Pada dasarnya hanya ada dua tipe, yaitu :

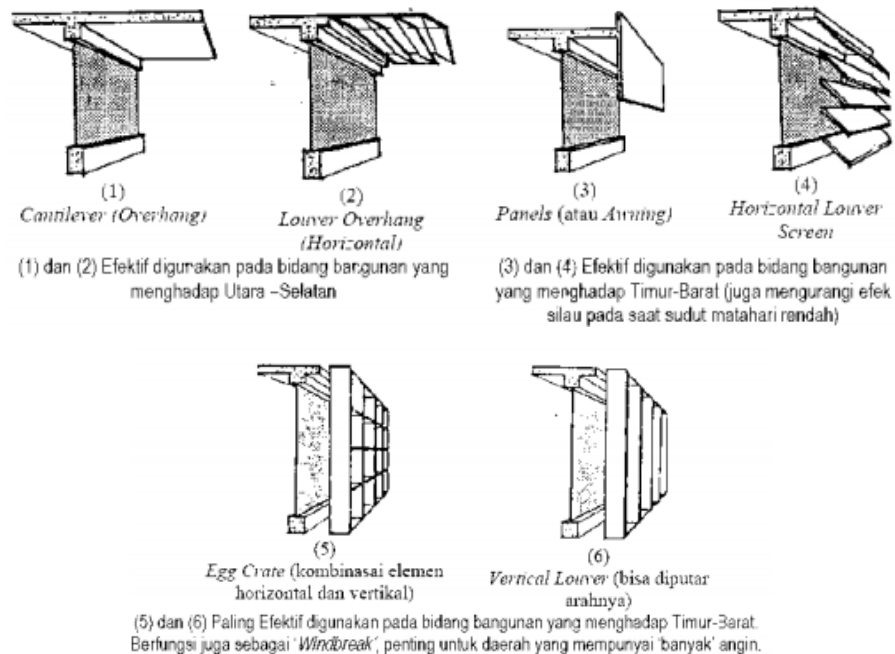
a. *Shading horizontal* yang disebut *overhang*.

Perangkat Horizontal memberikan keteduhan berdasarkan sudut ketinggian matahari. Perangkat Horizontal membiarkan rendah sudut sinar matahari dan memblokir tinggi sudut sinar matahari, efektivitasnya bervariasi tergantung dengan perubahan ketinggian matahari. (Olgyay 1957)

b. *Shading vertikal* yang disebut *fin*.

Perangkat vertikal memberikan keteduhan berdasarkan sudut bantalan dari matahari. Efektivitas mereka bervariasi, saat matahari bergerak mengelilingi cakrawala. Perangkat vertikal memiliki kemampuan untuk memblokir rendah sudut matahari. Memblokir rendah sudut matahari juga menghalangi pandangan, dan karena perubahan bantalan matahari sekitar 15 derajat per jam, sejumlah pandangan dapat diblokir. Perangkat vertical dapat menjadi responsif disesuaikan terhadap perubahan sudut matahari (Olgyay 1957).

Overhang dan elemen horizontal lain paling efektif untuk bangunan yang mempunyai hadapan Selatan-Utara. Sedangkan *fin* dan elemen vertikal lain paling baik untuk bangunan dengan hadapan Timur-Barat. Untuk melihat berbagai jenis tipe *Shading* dapat dilihat dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Tipe *Shading*

Sumber : Egan, 1975

2.7.2. Aspek Penting *Sun Shading*

Menggunakan *Sun Shading*, merupakan aspek penting dari salah satu upaya strategi mengarah pada bangunan yang hemat energi. Menggunakan *Sun Shading* dapat meningkatkan kenyamanan visual (*visual comfort*), dengan mengontrol sinar matahari yang masuk, dan mengurangi adanya kontras. Dengan menggunakan *Sun Shading*, maka diperoleh kesempatan untuk memberikan tampilan fasad yang berbeda dari yang lain.

Hal-hal yang perlu mendapat perhatian dalam perancangan pembayang sinar matahari adalah seperti point-point di bawah ini, dengan catatan bahwa semuanya tergantung pada masalah yang dihadapi oleh perancang.

- Pembayang akan lebih efisien apabila berada di luar daripada di dalam bangunan
- Perbedaan efisiensi ini akan lebih nyata apabila pembayang berwarna gelap

- c. Pembayang matahari sebaiknya dari bahan yang mempunyai kapasitas thermis yang rendah.
- d. Pembayang matahari tidak saja berfungsi menghalangi masuknya radiasi matahari ke dalam bangunan namun juga jangan sampai berfungsi sebagai perangkap radiasi matahari.
- e. Pembayang matahari tidak selalu berupa sirip vertical / horisontal atau kedua-duanya, namun ide *Self Shading* juga merupakan suatu potensi rancang arsitektur, sehingga bentuk bangunan lebih bisa memberikan arti.

2.8. Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung berdasarkan SNI 6389:2011

Standar Nasional Indonesia (SNI) mengenai “Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung” ini merupakan revisi dari SNI 03-6389-2000. Standar ini disusun oleh PT 27-03 Panitia Teknis Energi Baru dan Terbarukan (PTEB) dengan tujuan meningkatkan jumlah dan ketersediaan standar ketenagalistrikan di Indonesia melalui prosedur perumusan standar dan dibahas dalam rapat Konsensus PTEB tanggal 12 November 2010 di Jakarta.

Standar ini memuat kriteria perancangan, prosedur perancangan, konservasi energi dan rekomendasi dari selubung bangunan pada bangunan gedung yang optimal, sehingga penggunaan energi dapat efisien tanpa mengorbankan kenyamanan dan produktivitas kerja penghuni.

2.8.1. Kriteria Selubung Bangunan

Selubung bangunan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Berlaku hanya untuk komponen dinding dan atap pada bangunan gedung yang dikondisikan (mempunyai sistem tata udara)
- b. Perpindahan termal menyeluruh untuk dinding dan atap tidak boleh melebihi nilai perpindahan termal menyeluruh yaitu 35 W/m^2 .

2.8.2. Overall Termal Transfer Value (OTTV)

OTTV adalah suatu nilai yang diterapkan sebagai kriteria perancangan untuk dinding dan kaca bagian luar bangunan gedung yang dikondisikan.

Konsep OTTV ini mencakup tiga elemen dasar perpindahan panas melalui dinding luar bangunan antara lain :

- a. Konduksi panas melalui dinding tidak tembus cahaya.
- b. Konduksi panas melalui kaca.
- c. Transmisi radiasi matahari melalui kaca.

Besarnya transmisi radiasi matahari dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang diterima, koefisien peneduh dari kaca dan dari alat peneduh (kalau ada). Konduksi panas melalui dinding dan kaca dipengaruhi oleh harga transmitansi (U) dari dinding dan dari kaca, beda temperatur udara di luar terhadap temperatur udara didalam bangunan (ΔT) dan absortansi radiasi matahari dari permukaan luar dari dinding.

Ketiga masukan panas ini dirata-ratakan pada seluruh permukaan dari dinding luar bangunan. Dengan memberikan harga batas tertentu untuk OTTV, maka besarnya beban eksternal dapat dibatasi. Besarnya OTTV dipengaruhi oleh perencanaan dari selubung bangunan, antara lain: luas dan jenis kaca, luas dan jenis bahan dinding serta ketebalannya, warna permukaan luar dinding dan orientasinya.

Nilai perpindahan termal menyeluruh atau OTTV untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu, harus dihitung melalui persamaan (1) . (*Standar Nasional Indonesia 6389 : 2011*)

$$OTTV = \alpha(U_{wx}(1 - WWR))xTDek + (SCxWWRxSF) + (UfxWWRx\Delta T)$$

OTTV : Nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m²).

- α : Absorbtansi radiasi matahari.
- U_w : Transmittansi termal dinding tidak tembus cahaya (Watt/m².K).
- WWR : Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan.
- T_{Dek} : Beda temperatur ekuivalen (K).
- SC : Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi.
- SF : Faktor radiasi matahari (W/m²).
- U_f : Transmittansi termal fenestrasi (W/m².K).
- ΔT : Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam.

2.8.2.1. Absorbtansi termal (α)

Absorbtansi termal adalah nilai penyerapan energi termal akibat radiasi matahari pada suatu bahan dan ditentukan pula oleh warna bahan tersebut. Nilai absorbtansi berbagai jenis material berbeda-beda, dengan material bata merah yang memiliki tingkat penyerapan radiasi matahari yang paling sedikit. Sedangkan untuk material yang paling baik penyerapan radiasi matahari yaitu lembaran aluminium yang berkilat, seperti yang ditunjukkan pada Tabel II.3 dan II.4.

Tabel II.3 Nilai Absorbtansi Radiasi Matahari Untuk Dinding Luar dan Atap Tidak Tembus Cahaya

Bahan Dinding Luar	α
Beton berat	0.91
Bata Merah	0.89
<i>Bituminous felt</i>	0.88
Batu Sabak	0.87
Beton ringan	0.86
Aspal jalan setapak	0.82
Kayu permukaan halus	0.78

Beton ekspos	0.61
Ubin putih	0.58
Bata kuning tua	0.56
Atap putih	0.50
Cat aluminium	0.40
Kerikil	0.29
Seng putih	0.26
Batu glazur putih	0.25
Lembaran aluminium yang dikilapkan	0.12

Sumber: SNI 03-6389-2011

Tabel II.4 Nilai Absorbtansi Radiasi Matahari Untuk Cat Permukaan Dinding Luar

Bahan Dinding Luar	α
Hitam merata	0.95
Pernis hitam	0.92
Abu-abu tua	0.91
Pernis biru tua	0.91
Cat minyak hitam	0.90
Coklat tua	0.88
Abu-abu / biru tua	0.88
Biru / hijau tua	0.88
Coklat medium	0.84
Pernis hijau	0.79
Hijau medium	0.59
Kuning medium	0.58
Hijau / biru medium	0.57
Hijau muda	0.47
Putih semi kilap	0.30
Putih kilap	0.25
Perak	0.25
Pernis Putih	0.21

Sumber: SNI 03-6389-2011

Bila α material dan warna diketahui, nilai α yang diambil adalah nilai α lapisan terluar. Namun pada konstruksi dinding tirai (*curtain wall*) yang memiliki 2 nilai α maka α total sama dengan $\alpha_1 \times \alpha_2$.

2.8.2.2. Transmitansi termal (U)

Transmitansi termal adalah koefisien perpindahan kalor dari udara pada satu sisi bahan ke udara pada sisi lainnya.

Untuk dinding tidak tembus cahaya dan fenestrasi yang terdiri dari beberapa lapis komponen bangunan maka besarnya U dapat dihitung dengan persamaan rumus 2. (*Standar Nasional Indonesia 6389 : 2011*)

$$U = \frac{1}{R_{total}}$$

R total : Tahanan panas total yang besarnya sama dengan jumlah dari masing-masing tahanan panas dari permukaan udara luar, bahan homogen, bahan tidak homogen dan permukaan udara dalam.

Resistansi termal terdiri dari :

a. Resistansi lapisan udara luar (R_{ug})

Nilai resistansi lapisan udara luar (R_{ug}) untuk beberapa jenis permukaan dinding baik itu permukaan dinding dalam maupun luar dapat dilihat pada Tabel II.5.

Tabel II.5 Nilai Resistansi Lapisan Udara Luar

Jenis Permukaan		Resistansi <i>Thermal</i> R (m ² .K/Watt)
Permukaan Dalam (RUP)	Emifisitas Tinggi	0.120
	Emifisitas Rendah	0.299
Permukaan Luar (RUL)	Emifisitas Tinggi	0.044

Sumber: SNI 03-6389-2011

Keterangan :

- 1) Emisifitas tinggi adalah permukaan halus yang tidak mengkilap (non reflektif).
- 2) Emisifitas rendah adalah permukaan dalam yang sangat reflektif, seperti *aluminium foil*.

- b. Resistansi termal bahan (R_k) menggunakan persamaan rumus 3. (*Standar Nasional Indonesia 6389 : 2011*)

$$R_k = \frac{t}{k}$$

t : Tebal bahan (m),

k : nilai konduktifitas termal bahan (watt/m.K).

Nilai k untuk berbagai jenis bahan dapat dilihat pada Tabel II.6.

Tabel II.6 Nilai K pada Berbagai Jenis Bahan Bangunan

No.	Bahan bangunan	Densitas (kg/m ³)	K (W/m.K)
1	Beton	2.400	1,448
2	Beton ringan	960	0,303
3	Bata dengan lapisan plaster	1.760	0,807
4	Bata langsung dipasang tanpa plaster, tahan terhadap cuaca.		1,154
5	Plasteran pasir-semen	1.568	0,533
6	Kaca lembaran	2.512	1,053
7	Papan gypsum	880	0,170
8	Kayu lunak	608	0,125
9	Kayu keras	702	0,138
10	Kayu lapis	528	0,148
11	Glasswool	32	0,035
12	Fibreglass	32	0,035
13	Paduan aluminium	2.672	211
14	Tembaga	8.784	385
15	Baja	7.840	47,6
16	Granit	2.640	2,927
17	Marmer/terazo/keramik/mozaik	2.640	1,298

Sumber: SNI 03-6389-2011

c. Resistansi termal rongga udara (RRU)

Tabel II.7 Nilai R Lapisan Rongga Udara

no	Jenis Celah Udara		Resistansi Termal (m ² /K/W)		
			5 mm	10 mm	100 mm
1	RRu untuk dinding				
	Rongga udara vertical (aliran panas secara horizontal)				
	Emisifitas Tinggi		0.110	0.148	0.160
	Emisifitas Rendah		0.250	0.578	0.606
2	RRu untuk atap				
	Rongga udara horizontal/miring (aliran panas ke bawah)				
	Emisifitas Tinggi	Rongga udara horizontal	0.110	0.148	0.174
		Rongga udara dengan kemiringan 22 ½'	0.110	0.148	0.165
		Rongga udara dengan kemiringan 45'	0.110	0.148	0.158
	Emisifitas Rendah	Rongga udara horizontal	0.250	0.572	0.143
		Rongga udara dengan kemiringan 22 ½'	0.250	0.571	1.095
		Rongga udara dengan kemiringan 45'	0.250	0.570	0.768
3	RRu untuk loteng				
	1. Emisifitas tinggi		0.458		
	2. Emisifitas rendah		1.356		

Sumber: SNI 03-6389-2011

d. Resistansi termal lapisan udara permukaan (RUP)

Nilainya seperti yang ditunjukkan pada tabel lapisan udara untuk dinding dan atap.

2.8.2.3. Beda temperatur ekuivalen

Beda antara temperatur ruangan dan temperatur dinding luar atau atap yang diakibatkan oleh efek radiasi matahari dan temperatur udara luar untuk keadaan yang dianggap quasistatik yang menimbulkan aliran kalor melalui dinding atau atap, yang ekuivalen dengan aliran kalor sesungguhnya.

Beda temperatur ekuivalen (TDEK) dipengaruhi oleh:

- Tipe, massa dan densitas konstruksi.

- b) Intensitas radiasi dan lamanya penyinaran.
- c) Lokasi dan orientasi bangunan.
- d) Kondisi perancangan.

Untuk menyederhanakan perhitungan OTTV, nilai TDEK untuk berbagai tipe konstruksi tercantum pada Tabel II.8.

Tabel II.8 Beda Temperatur Ekuivalen untuk Dinding

Berat/satuan luas (kg/m ²)	TDeK
Kurang dari 125	15
126 – 195	12
Lebih dari 125	10

Sumber: SNI 03-6389-2011

2.8.2.4. Faktor rerata radiasi matahari

Faktor radiasi matahari dihitung antara jam 07.00 WIB sampai dengan jam 18.00 WIB nilai SF diambil dari data intensitas radiasi matahari tertinggi dalam 1 bulan.

Tabel II.10 Faktor Rerata Radiasi Matahari

Orientasi	Utara	Timur Laut	Timur	Tenggara	Selatan	Barat Daya	Barat	Barat Laut
	130	113	112	97	97	176	243	211

Sumber: SNI 03-6389-2011

2.8.2.5. Koefisien Peneduh

Pada rumus OTTV, faktor radiasi matahari dihitung berdasarkan radiasi matahari tahunan yang ditransmisikan melalui jendela kaca bening setebal 3 mm. Untuk sistem bukaan yang lain, arus perolehan kalor matahari dimodifikasi dengan koefisien peneduh yang didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan kalor matahari melalui sistem bukaan yang mempunyai kombinasi glazing dan koefisien peneduh dengan perolehan kalor matahari yang melalui kaca bening dengan tebal 3 mm.

Perbandingan ini merupakan karakteristik unik pada setiap jenis bukaan dan rumusnya (4) adalah sebagai berikut (*Standar Nasional Indonesia 6389 : 2011*) :

SC = Pengaruh kalor matahari pada setiap kaca & kombinasi koefisien peneduh
Pengaruh kalor matahari melalui kaca jernih tebal 3 mm

Secara umum koefisien peneduh pada setiap sistem fenetrasi didapatkan dengan mengalikan koefisien peneduh kaca (atau koefisien peneduh efektif dari kaca dengan solar kontrol film (kaca film) yang ada pada kaca) dengan koefisien peneduh peralatan peneduh matahari seperti pada rumus (5) (*Standar Nasional Indonesia 6389 : 2011*)

$$SC = SCk \times SCeff$$

SC : koefisien peneduh system fenetrasi

SCk : koefisien peneduh kaca atau koefisien peneduh efektif dari kaca dengan solar control film (kaca film)

SCeff : Koefisien peneduh efektif peralatan peneduh luar

Koefisien peneduh pada kaca atau koefisien peneduh efektif dari kaca dengan solar kontrol film harus didasarkan atas data rekomendasi dari pabrikan.

Pada perhitungan OTTV, dampak peneduh dikarenakan krei dalam dan tirai diabaikan.

2.8.2.6. Beda Temperatur Luar dan Dalam (ΔT)

Suhu udara pada area ber-AC tersebut digunakan untuk menghitung konduksi panas dinding transparan untuk bangunan apapun, ΔT mewakili perbedaan suhu iklim lokasi dan desain suhu internal Standar Thailand yang ada sehingga digunakan $\Delta T = 5^{\circ}\text{C}$.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif – *causa correlative* yang meneliti kemungkinan sebab akibat dengan berdasarkan pada pengamatan terhadap akibat yang ada dengan mencari kembali factor yang mungkin menjadi penyebab melalui data tertentu (Arikunto 1992).

Penelitian akan mengambil satu atau lebih akibat sebagai *dependen variable* dan menguji data tersebut dengan membuktikan dan mencocokkan terhadap hubungan antara variabel penyebab dengan variabel akibat dari fenomena yang muncul.

3.2. Variabel Penelitian

Variabel merupakan objek penelitian atau apa yang menjadi titik perhatian suatu penelitian. Variabel penelitian merupakan himpunan beberapa gejala yang memiliki fungsi sama dalam suatu masalah. Di dalam satu variabel terdapat satu atau lebih gejala yang mungkin pula terjadi dari berbagai aspek atau unsur sebagai bagian yang tak terpisahkan. Aspek tersebut akan menentukan fungsi variabel.

Variabel yang akan dipelajari dan data yang akan digunakan sebagai tolok ukur dalam penelitian ini meliputi variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol sebagai berikut :

3.2.1. Variabel bebas (variabel pengaruh)

Variabel bebas (variabel pengaruh) yaitu himpunan dari gejala yang memiliki berbagai aspek dan berfungsi mempengaruhi atau menentukan munculnya variabel lain.

Data yang termasuk dalam variabel meliputi :

- 1) orientasi fasad / selubung bangunan,
- 2) desain bangunan :
 - a) bentuk bangunan

- b) material selubung bangunan
- c) desain selubung bangunan

3.2.2. Variabel terikat (variabel terpengaruh)

Variabel terikat (variabel terpengaruh) adalah himpunan dari gejala yang memiliki berbagai aspek dan berfungsi menerima atau menyesuaikan diri dengan kondisi variabel lain. Kondisi variabel terikat ini diharapkan menjadi dasar untuk menyusun implementasi dan saran tindakan tentang variabel bebas yang digunakan dalam memecahkan permasalahan di dalam penelitian.

Variabel terpengaruh ini adalah :

- 1) perpindahan panas matahari secara konduksi ke dalam gedung melalui bidang solid selubung bangunan.
- 2) perpindahan panas matahari secara konduksi ke dalam gedung melalui bidang transparan selubung bangunan.
- 3) perpindahan panas matahari secara radiasi ke dalam gedung melalui bidang transparan selubung bangunan.

3.2.3. Variabel Kontrol

Variabel Kontrol yaitu variabel yang berfungsi mengendalikan agar variabel terikat yang muncul bukan pengaruh variabel lain, tetapi benar-benar karena variabel bebas tertentu.

Pada penelitian ini, yang menjadi variabel kontrolnya adalah:

- 1) Material selubung bangunan
- 2) Desain sun shading

3.3. Tahapan Penelitian

3.3.1. Penentuan Objek Penelitian (Studi Kasus)

Objek yang dipilih oleh peneliti adalah Menara Suara Merdeka, Semarang dimana objek tersebut merupakan salah satu bangunan *hi-rise building* di Semarang yang menggunakan dominasi kaca sebagai selubung bangunan. Hal tersebut akan mempengaruhi besarnya nilai perpindahan panas matahari ke dalam bangunan

yang kemudian akan berpengaruh pula pada konsumsi energy bangunan tersebut.

Karakteristik selubung bangunan dengan dominasi kaca (rasio *Window to Wall* ratio besar) memiliki potensi nilai *Overall Transfer Thermal Value* (OTTV) lebih dari 35 W/m² (batas maksimum nilai OTTV menurut SNI 03-6389-2011).

3.3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan setelah lokasi serta objek penelitian ditentukan berdasarkan kriteria-kriteria yang disyaratkan sebagai objek penelitian. Terdapat 2 jenis data penelitian :

- 1) Data Kepustakaan, yaitu data yang bersumber dari berbagai literatur ilmiah, jurnal maupun bahan laopran yang berhubungan dengan materi penelitian baik yang berasal dari lembaga akademik maupun instansi resmi.
- 2) Data Lapangan, yaitu data yang bersumber langsung dari objek penelitian di lapangan baik berupa bangunan, model material, maupun data lingkungan objek. Pengambilan data dilakukan dengan teknik observasi, pengukuran, pemotretan, serta teknik lainnya.

Terdapat 2 macam data dalam penelitian ini berdasarkan asal data yaitu :

3.3.2.1. Data Internal

Data Internal yang merupakan data yang diperoleh langsung dari objek penelitian diantaranya adalah :

- 1) Karakteristik dari material selubung bangunan yang berupa material transparan dan masif (koefisien bahan, tingkat absorpsi dan reflektivitas, spesifikasi bahan, dan lain-lain)
- 2) Desain bangunan antara lain orientasi bangunan, *sun shading*, data ukuran fisik bangunan (draft, denah,

situasi, tampak, potongan, detail spesifikasi teknis dari objek penelitian)

- 3) data hasil pengukuran temperatur dan kelembaban ruangan pada beberapa waktu berbeda
- 4) Nilai perpindahan panas matahari berdasarkan perhitungan

3.3.2.2. Data Eksternal

Data Eksternal yaitu data yang diperoleh dari luar objek penelitian antara lain :

- 1) Data geografis objek
- 2) Data iklim dari BMKG
- 3) Berbagai literatur mengenai teori yang sesuai dengan objek penelitian

Teknik pengumpulan data di lapangan dilakukan melalui teknik pengukuran dan perekaman. Teknik pengukuran suhu menggunakan termometer ruangan, pengukuran kelembaban menggunakan termo-higrometer. Teknik perekaman dilakukan dengan teknik pemotretan, pencatatan dan pengamatan untuk mendapatkan data fisik bangunan.

3.3.3. **Kompilasi Data dan Interpretasi Data**

Data yang diperoleh disusun dan dikelompokkan agar mudah untuk dipelajari. Dari pengukuran dan perekaman diperoleh data kuantitatif. Data kuantitatif dari hasil pengukuran yang berupa data lapangan dikomparasikan dengan teori, untuk mendapatkan suatu temuan indeks perpindahan panas matahari pada gedung. Data kualitatif dari hasil perekaman dikuantitatifkan untuk memperoleh data pembayangan dan perpindahan panas. Proses ini didukung dengan penggunaan software Ecotect.

Observasi yang dilakukan menghasilkan data primer yang terdiri dari data hasil pengukuran, pengamatan dan pencatatan.

Semua data dikumpulkan dan disusun sesuai dengan urutannya. Data tersebut kemudian dipelajari, termasuk mengoreksi ketepatan dan kebenaran pengukuran dan pencatatan.

3.3.4. Analisa Kuantitatif

- 1) Dilakukan untuk menganalisa hasil observasi di lapangan yaitu untuk mendapatkan indeks perpindahan panas matahari dengan menggunakan teori pengukuran penggunaan energi sesuai Standard Nasional Indonesia. Pengukuran Perpindahan Panas Matahari menggunakan *Overall Thermal Transfer Value (OTTV)*

$$OTTV = \alpha (U_w \bullet (1 - WWR) \bullet T_{deg}) + (SC \bullet WWR \bullet SF) + (U_f \bullet WWR \bullet \Delta T)$$

- 2) Simulasi

Melakukan simulasi menggunakan software Autodesk Ecotect 2011 untuk berbagai orientasi pada seluruh fasade bangunan sesuai kondisi eksisting bangunan. Pada tahap analisis terhadap eksisting bangunan, software ini hanya membantu untuk menemukan nilai *Shading Coeficient* pada bangunan, yang selanjutnya nilai tersebut akan dimasukkan dalam rangkaian rumus perhitungan OTTV.

3.4. Instrumen Penelitian

Instrumen dalam suatu penelitian sangat penting khususnya di dalam tahap pengumpulan data. Instrumen yang diperlukan adalah sebagai berikut :

- 1) Gambar / draft bangunan sebagai media menentukan titik pengukuran pada bangunan
- 2) Kamera yang berfungsi sebagai alat dokumentasi objek dan lingkungannya
- 3) Kompas sebagai penunjuk arah dan patokan lintasan sinar matahari
- 4) Alat Ukur (*Hardware Measure Equipment*) Suhu dan Kelembaban

a) Termometer non Kontak

- Nama Alat : Infrared Thermometer
- Merek : Fluke
- Tipe : 62 mini
- Range : -30°C to 500°C (-20°F to 932°F)
- Waktu Respon : < 500 mSec
- Dimensi : 152 mm x 102 mm x 38 mm
- Bobot : 200 gr
- 'C / 'F switchable
- 10 : 1 optics
- Laser sighting



Gambar 3.1 Infrared Termometer

b) Termometer dan Higrometer

- Nama Alat : 4 in 1 (Anemometer, Humidity, Lightmeter, Thermometer)
- Merek : Lutron
- Tipe : LM 8000 A
- Display : 8 mm LCD display
- Kelembaban ops. : maks. 80 % RH
- Temperatur Ops : 0 to 50°C
- Konsumsi Daya : aprox. DC 6.2 mA

- Dimensi : 156 mm x 60 mm x 33 mm
- Bobot : 160 gr



Gambar 3.2 Thermo-Hygrometer

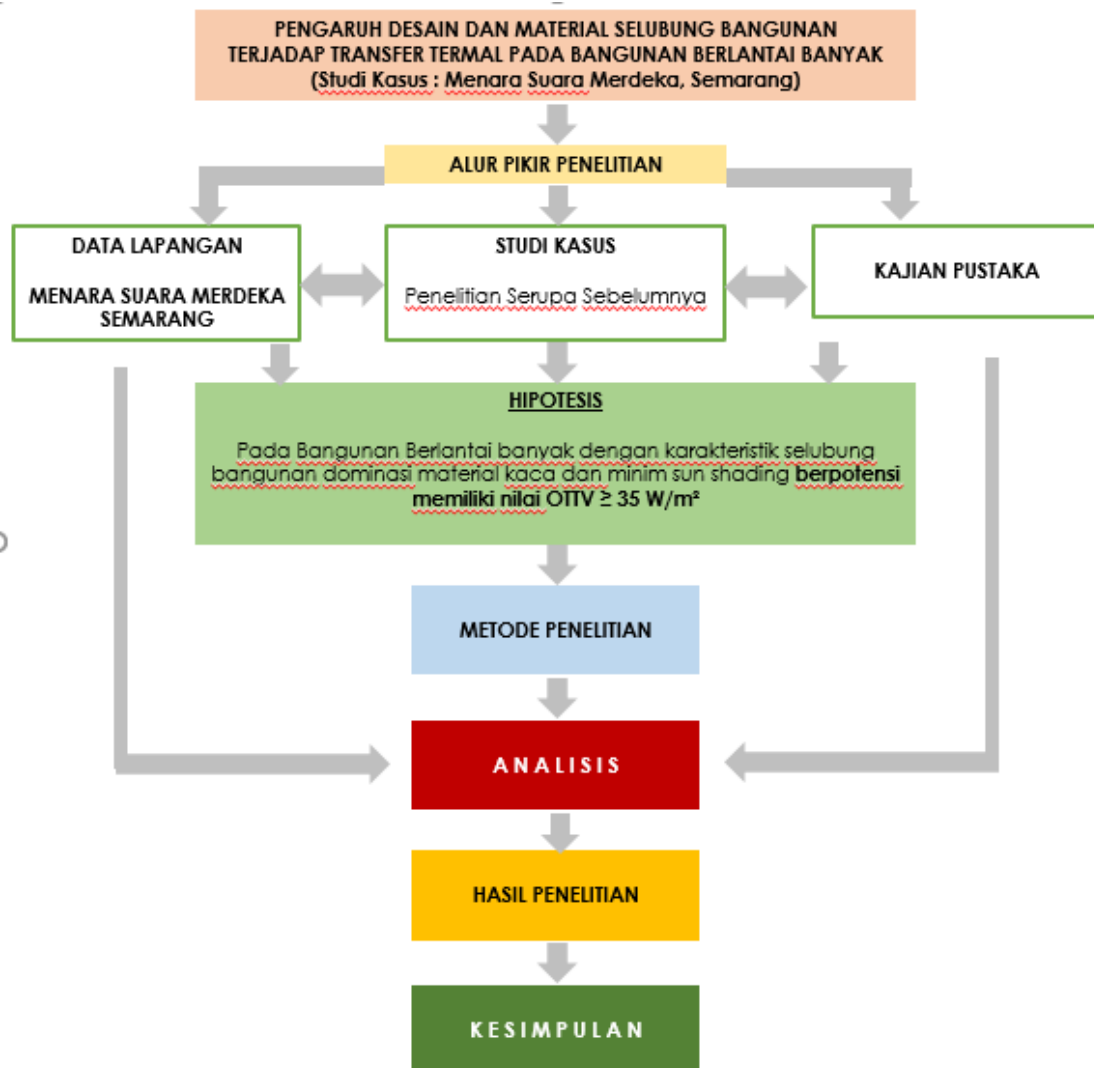
5) Software Ecotect Analysis versi 2011

Software Ecotect awalnya deprogram sebagai bagian dari presentasi tesis doctoral Dr. Andrew Marsh di *Scholl of Architecture and Fine Arts* pada *The University of Western Australia* dengan pembahasan mengenai kinerja bangunan yang dapat dikalkulasikan oleh arsitek pada tahap desain konseptual agar mengurangi proses tambal sulam pada desain eksisting. Software ini banyak mengalami perubahan, versi 2.5 merupakan versi komersial pertama yang dirilis tahun 1996, diikuti versi 3.0 tahun 1998, versi 4.0 tahun 2000, versi 5 pada Juni 2002, versi 5.5 pada September 2006 dan versi 5.6 pada Juni 2008. Selanjutnya Ecotect dibeli oleh Autodesk dengan memproduksi Autodesk Ecotect 2009 dan Autodesk Ecotect Analysis 2010.

Seperti layaknya kalkulator, tetap diperlukan pengetahuan pengguna mengenai apa permasalahan dan bagaimana memformulasikannya ke dalam software. Ecotect tidak merekomendasikan solusi desain yang paling tepat, namun mampu memberikan informasi berapa

banyak radiasi matahari yang melewati bidang kaca baik kapan dan dimana jatuhnya dengan pengguna melakukan input informasi data iklim yang akurat.

3.5. Skema Alur Pikir Penelitian



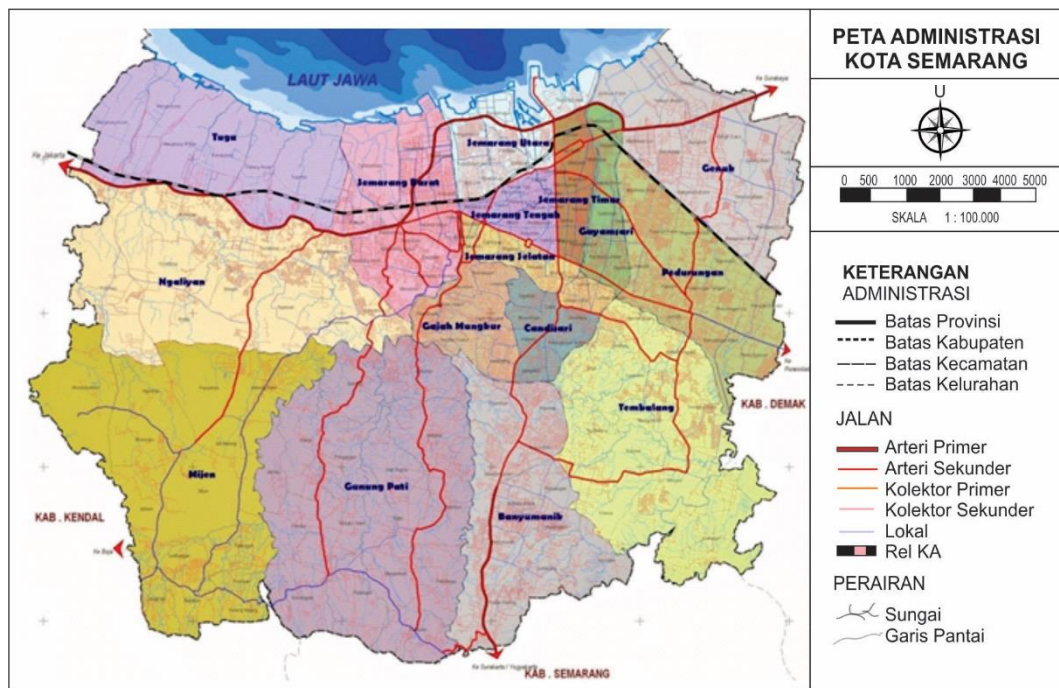
Gambar 3.3 Skema Alur Pikir Penelitian

BAB IV

DATA OBJEK PENELITIAN

4.1. Data Objek

4.1.1. Kondisi Geografis Kota Semarang



Gambar 4.1 Peta Kota Semarang

Sumber : Dikembangkan dari, Penataanruangjateng.info (2017)

Kota Semarang adalah Ibukota Provinsi Jawa Tengah, berada pada perlintasan Jalur Jalan Utara Pulau Jawa yang menghubungkan Kota Surabaya dan Jakarta. Secara geografis, terletak di antara 109'35' – 110'50' Bujur Timut dan 6'50' – 7'10' Lintang Selatan. Dengan luas 373,7 Km², Kota Semarang memiliki batas – batas wilayah administrasi sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Laut Jawa
- Sebelah Selatan : Kabupaten Semarang
- Sebelah Timur : Kabupaten Demak
Kabupaten Grobogan

- Sebelah Barat : Kabupaten Kendal

Secara topografi terdiri atas daerah pantai, dataran rendah dan perbukitan. Daerah pantai merupakan kawasan di bagian Utara yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa dengan kemiringan antara 0% sampai 2% daerah dataran rendah merupakan kawasan di bagian Tengah, dengan kemiringan antara 2 – 15%, daerah perbukitan merupakan kawasan di bagian Selatan dengan kemiringan antara 15 – 40% dan beberapa kawasan dengan kemiringan di atas 40% (>40%).

Sesuai dengan letak geografis, dipengaruhi iklim daerah tropis yang dipengaruhi oleh angin muson dengan 2 musim, yaitu musim kemarau pada bulan April – September dan musim penghujan antara bulan Oktober – Maret. Curah hujan tahunan rata-rata sebesar 2.790 mm, suhu udara berkisar antara 23°C sampai dengan 34°C, dengan kelembaban udara tahunan rata-rata 77%.

4.1.2. Gambaran Umum Objek Penelitian

Salah satu *High-rise building* yang berada di Kota Semarang adalah Gedung Menara Suara Merdeka, gedung ini berada di Jalan Pandanaran Semarang, yaitu gedung milik Suara Merdeka Group yang difungsikan sebagai bangunan *office rent*.



Gambar 4.2 Ilustrasi Menara Suara Merdeka

Sumber : *Manajemen Menara Suara Merdeka*

- a. Lokasi : Jl. Pandanaran No. 30 Semarang,
Jawa Tengah
- b. Batas – Batas
 - Utara : Jalan Lingkungan (Jalan Pekunden Tengah)
 - Timur : Jalan Pekunden, Semarang
 - Selatan : Jalan Pandanaran, Semarang
 - Barat : Bangunan Rumah, Jalan Pandanaran no. 28
- c. Luas Tanah : 2.997 m²
- d. Luas Bangunan : 19.576 m²
- e. Luas Area Parkir: 13.771 m²
- f. Jumlah Lantai : 15 Lantai (2 Basement)
- g. *Typical Floor Ceilling* : 2.7 m
- h. *Ground Floor Ceilling* : 5 m

- i. Building management : PT Merdeka Sandisurya,
PT Cushman and Wakefiled
- j. *Design Concept* : PT Arkitek Team Empat,
PT Asana Citra Yasa
- k. *Design Development* : PT Arkitek Team Empat
- l. *Civil and Structure* : PT Ketira Engineering Cons.
- m. *M & E Consultant* : PT Arkitek Team Empat
- n. *Main Contractor* : PT Waskita Karya

Manajemen Menara Suara Merdeka merupakan gedung perkantoran di Semarang berkonsep *smart building* karena teknologi hijau ramah lingkungan yang diterapkan. *Smart building* pertama di kota Semarang dengan berbasis teknologi modern untuk menghasilkan keunggulan dalam efisiensi kelola energi, kenyamanan dan keamanan. Dimana gedung ini dilengkapi dengan instalasi Tata Udara AC-VRV dengan *Intelligence-Manager Unit*, *building automation system*, penggunaan *flap barrier* dan *access card* untuk mengakses ke dalam gedung, *backup Genset 100%*, tata kelola limbah sanitasi *biotec system*, 4 buah *passenger lift* di *Main Building*, 2 unit *passenger lift* di *Annex Building*, 1 unit *service lift* yang dioperasikan secara random-otomatis dan memiliki kecepatan yang *compatible* dengan tinggi gedung Menara Suara Merdeka.

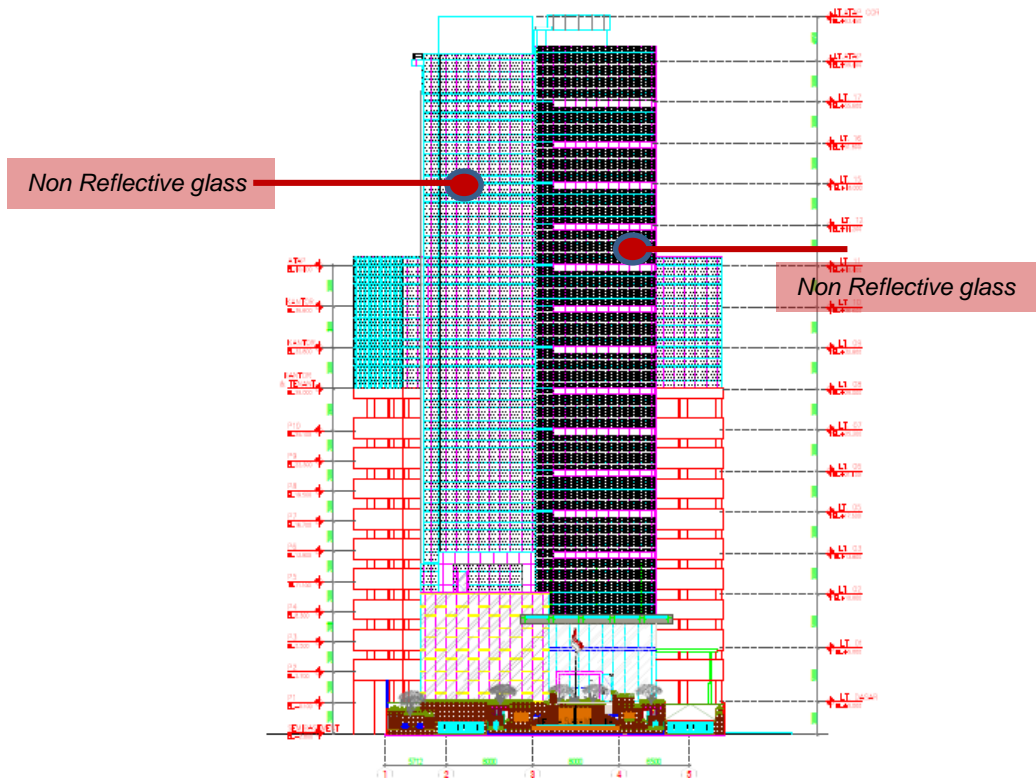
Gedung Menara Suara Merdeka juga mengusung konsep *green building* yang berorientasi pada penghematan energi dan ramah lingkungan. Hal ini ditunjukkan dengan penggunaan AC VRV (*based on zoning*), penggunaan *reflective glass* yang dapat mereduksi sinar UV ke dalam ruangan, dengan demikian penggunaan energi listrik juga dapat diminimalisir; pengolahan limbah dengan teknologi STP (*sewage treatment plant*) yang berbasis *biotec system*, mengolah limbah sanitasi menjadi air yang

layak digunakan untuk penyiraman taman sehingga layak dibuang ke saluran kota. Penggunaan air limbah yang telah diolah menjadi layak pakai untuk penyiraman taman telah mengurangi kontribusi pembuangan air dari gedung Menara Suara Merdeka ke saluran kota.

Menara Suara Merdeka menggunakan dominasi material kaca sebagai selubung bangunan pada orientasi fasade Tenggara, Barat Daya dan Barat Laut. Bangunan ini diperuntukan sebagai *rental office*.

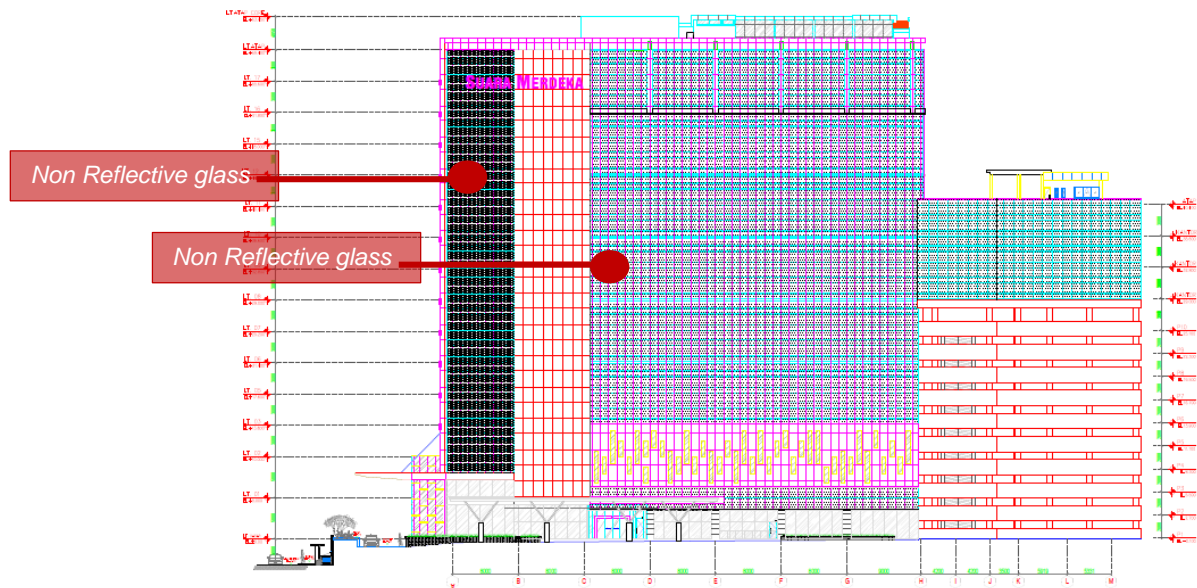


Gambar 4.3 Menara Suara Merdeka Semarang
Sumber : Manajemen Menara Suara Merdeka



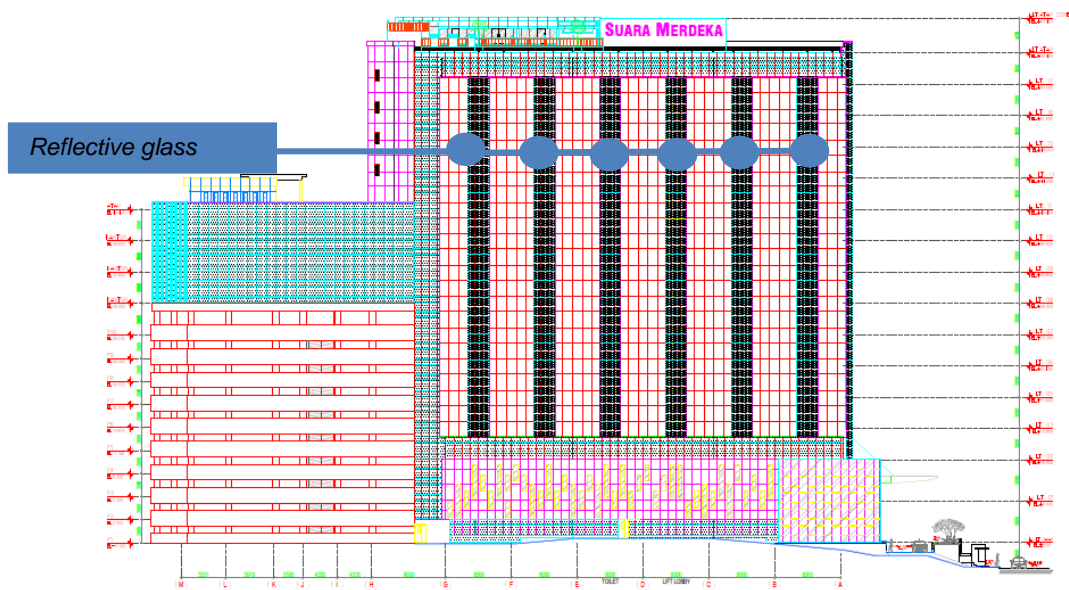
Gambar 4.4 Tampak Barat Daya Menara Suara Merdeka
Sumber : Manajemen Menara Suara Merdeka

Pada orientasi sisi Barat Daya, merupakan sisi yang menjadi fasade muka bangunan ini. Orientasi selatan memiliki fasade yang terdiri dari kaca non *reflective*.



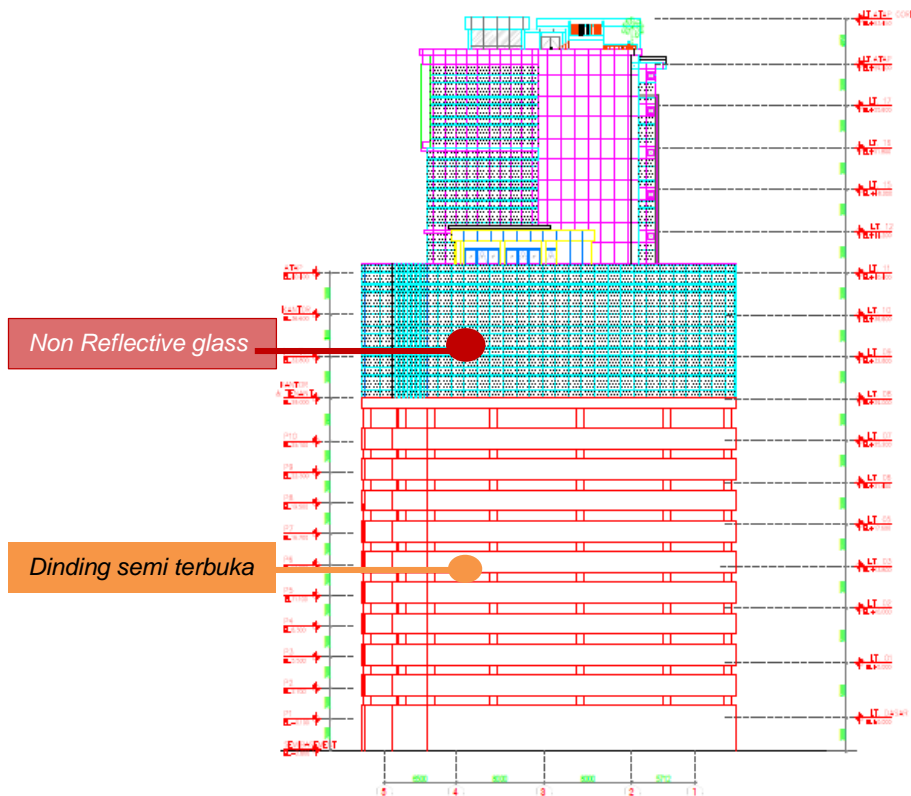
Gambar 4.5 Tampak Tenggara Menara Suara Merdeka
 Sumber : Manajemen Menara Suara Merdeka

Pada orientasi sisi tenggara, selubung bangunan didominasi kaca tanpa *reflective glass* dimana dimaksudkan agar sinar matahari pagi lebih optimal masuk ke dalam ruangan.



Gambar 4.6 Tampak Barat Laut Menara Suara Merdeka
Sumber : Manajemen Menara Suara Merdeka

Orientasi barat laut memiliki fasade yang terdiri dari material *reflective glass*. Selubung bangunan gedung ini tidak memiliki *sun shading*.



Gambar 4.7 Tampak Timur Laut Menara Suara Merdeka
Sumber : Manajemen Menara Suara Merdeka

Orientasi Timur Laut memiliki fasade yang terdiri dari material *non reflective glass* pada lantai yang difungsikan untuk perkantoran, dan dinding semi terbuka untuk lantai yang digunakan sebagai areal parkir. Selubung bangunan gedung ini tidak memiliki *sun shading*. Pembayangan yang terjadi pada bangunan tergantung pada desain gubahan massa bangunan.

Menara Suara Merdeka diperuntukan sebagai *rental office* yang hingga saat ini telah terisi lebih dari 90% dari ruang yang disediakan.

4.2. Data Penelitian

4.2.1 Hasil Pengukuran Lapangan pada Lantai 10

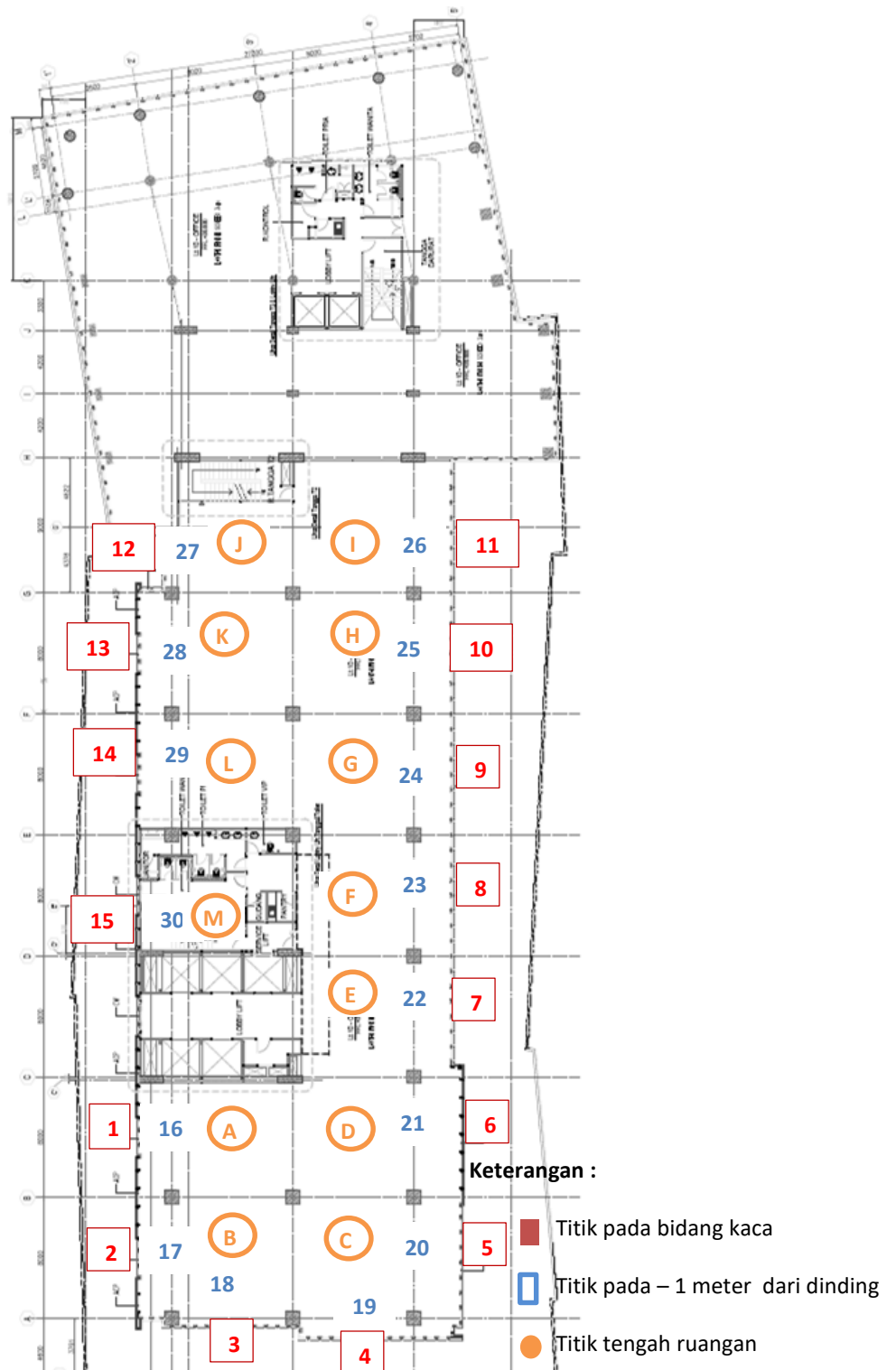
Lantai 10 adalah lantai satu-satunya yang belum terisi oleh *tenant* / penyewa. Sehingga segala *artificial device* seperti AC atau penerangan belum digunakan. Kondisi lantai 10 diharapkan dapat memberikan informasi bagaimana kondisi termal ruangan sebelum dilengkapi dengan pengkondisian udara buatan.



Gambar 4.8 Kondisi Eksisting Typical Floor (Lantai 10)

Sumber : Dokumentasi

Pada tanggal 30 Maret 2017 dilakukan pengukuran lapangan untuk temperatur material selubung bangunan dan temperatur ruangan dalam rentang waktu pukul 08.00 – 17.00. Titik-titik pengambilan data temperatur dan kelembaban dijelaskan pada Gambar 4.9 dengan data yang diperoleh ada pada Tabel 4.1.



Gambar 4.9 Denah Lantai 10 dan Titik Pengukuran
Sumber : Manajemen Menara Suara Merdeka

Tabel IV.1 Hasil Pengukuran TE dan RH per Jam pada Lantai 10

08.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	°C TE	Titik	RH (%)	°C TE
1	31.8	Barat Laut	16	68.1	24.45	A	62.5	24.95
2	32.6	Barat Laut	17	67.5	24.5	B	62.3	25.15
3	33.4	Barat Daya	18	65.7	24.5	C	62.3	25
4	33.2	Barat Daya	19	65.1	24.5	D	62.8	25
5	41.6	Tenggara	20	65	24.5	E	61.4	24.95
6	33.8	Tenggara (Dinding)	21	65	24.6	F	61.6	25.05
7	45.4	Tenggara	22	64.6	24.65	G	62.6	25.1
8	45.4	Tenggara	23	64.1	24.7	H	63.9	25.2
9	44.6	Tenggara	24	63.7	24.75	I	65	25.1
10	45.4	Tenggara	25	65.2	25	J	65.6	25.15
11	44.6	Tenggara	26	66.9	25.15	K	65.8	25.6
12	32.6	Barat Laut	27	67.4	25.4	L	65.5	25.55
13	33.2	Barat Laut	28	67.2	25.4	M	60	25.05
14	33.2	Barat Laut	29	65.7	25.1			
15	33	Barat Laut	30	61.4	24.7			

09.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
1	33.6	Barat Laut	16	61.9	25.7	A	59	25.95
2	33.4	Barat Laut	17	60.2	25.7	B	59	25.95
3	34.8	Barat Daya	18	59.2	25.65	C	59.1	25.95
4	33.8	Barat Daya	19	58.9	25.65	D	59.2	26
5	38.8	Tenggara	20	59.1	25.65	E	59.7	26.15
6	33.2	Tenggara (Dinding)	21	58.9	25.65	F	59.5	26.15
7	42	Tenggara	22	60.4	25.9	G	60.6	26.2
8	41.8	Tenggara	23	61	26	H	63.5	26.45
9	41	Tenggara	24	60.9	26.05	I	64.1	26.5
10	41.2	Tenggara	25	63.8	26.3	J	64.4	26.6
11	40.4	Tenggara	26	63.8	26.3	K	64.7	26.6
12	33.6	Barat Laut	27	65	26.4	L	64.3	26.6
13	34.2	Barat Laut	28	64.6	26.4	M	58.7	26.15
14	35.4	Barat Laut	29	63	26.25			
15	34.2	Barat Laut	30	58.6	26.8			

10.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
1	33.2	Barat Laut	16	61	26.95	A	57.2	26.25
2	32.8	Barat Laut	17	60.7	26.75	B	56.7	26.2
3	35.6	Barat Daya	18	61.4	26.9	C	57.2	26.25
4	34.2	Barat Daya	19	59.6	26.7	D	57.6	27.55
5	38.2	Tenggara	20	58.3	26.5	E	57.9	26.4
6	32.6	Tenggara (Dinding)	21	57.3	26.45	F	58.4	26.45
7	41.2	Tenggara	22	57.4	26.45	G	60.1	26.75
8	41.4	Tenggara	23	56.6	26.4	H	61.2	26.75
9	40.6	Tenggara	24	59.4	26.8	I	61.5	26.85
10	40.8	Tenggara	25	60.6	26.9	J	62.2	26.9
11	40.4	Tenggara	26	61.6	27	K	62.3	26.9
12	33.4	Barat Laut	27	62	26.4	L	61.9	26.85
13	32.8	Barat Laut	28	62.2	26.9	M	56.9	26.9
14	35.4	Barat Laut	29	61.6	26.95			
15	33.4	Barat Laut	30	56.6	26.2			

11.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
1	33.6	Barat Laut	16	61.8	26.5	A	59.6	26.25
2	33.6	Barat Laut	17	60	26.25	B	58.9	26.3
3	37.2	Barat Daya	18	59.4	26.2	C	58.7	26.25
4	34.6	Barat Daya	19	59	26.2	D	60.1	26.45
5	37.2	Tenggara	20	58.9	26.15	E	61.9	26.6
6	32.6	Tenggara (Dinding)	21	59	26.2	F	61.6	26.65
7	40.2	Tenggara	22	59.5	26.3	G	61.8	26.65
8	40.2	Tenggara	23	59.6	26.3	H	64.3	26.7
9	39.8	Tenggara	24	61.1	26.5	I	64.6	27
10	39.4	Tenggara	25	62.1	26.6	J	63.5	26.8
11	39.4	Tenggara	26	62.7	26.65	K	64.3	26.9
12	34.4	Barat Laut	27	63.7	26.6	L	64.2	26.95
13	35	Barat Laut	28	64.1	26.9	M	58.8	26.3
14	35.2	Barat Laut	29	64.1	26.9			
15	33.8	Barat Laut	30	58.8	26.15			

12.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
1	34.6	Barat Laut	16	59.6	26.15	A	59.6	26.4
2	34.6	Barat Laut	17	59.4	26.2	B	58.8	26.25
3	37.8	Barat Daya	18	59.5	26.2	C	60.1	26.5
4	35.2	Barat Daya	19	59.4	26.3	D	59.8	26.55
5	35.6	Tenggara	20	61.6	26.6	E	62.1	26.75
6	32.6	Tenggara (Dinding)	21	60.1	26.5	F	62	26.8
7	37.8	Tenggara	22	60.3	26.5	G	62.4	26.85
8	37.8	Tenggara	23	60.1	26.55	H	63	26.9
9	37.4	Tenggara	24	59.8	26.55	I	63.2	26.9
10	37.4	Tenggara	25	62.4	26.75	J	63.5	26.8
11	37	Tenggara	26	63.8	26.95	K	63.5	26.95
12	36.6	Barat Laut	27	65.4	27.1	L	63.3	26.95
13	34.6	Barat Laut	28	64	26.95	M	60.5	26.5
14	34.4	Barat Laut	29	63.5	26.9			
15	34.8	Barat Laut	30	60	26.4			

13.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
1	33.6	Barat Laut	16	62.6	25.95	A	63.4	26.75
2	33.8	Barat Laut	17	61.7	25.95	B	64.6	26.9
3	35.4	Barat Daya	18	62.8	26.05	C	66.5	26.8
4	33.4	Barat Daya	19	62.3	26.2	D	66	27.05
5	33.6	Tenggara	20	64.9	26.3	E	66.4	27.1
6	32.6	Tenggara (Dinding)	21	67.6	26.7	F	66.7	27.2
7	34.6	Tenggara	22	68.2	26.8	G	68	27.4
8	34.6	Tenggara	23	68.8	27	H	69.4	27.5
9	34.4	Tenggara	24	68.1	26.95	I	69.7	27.6
10	34.4	Tenggara	25	68.7	27	J	65	26.9
11	34.4	Tenggara	26	68.9	27.15	K	69.4	27.45
12	34.6	Barat Laut	27	64.5	26.7	L	69.2	27.45
13	33.8	Barat Laut	28	67	26.85	M	65.7	27.05
14	33.4	Barat Laut	29	67.7	27			
15	34.4	Barat Laut	30	64	26.8			

14.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
1	32.4	Barat Laut	16	62.9	25.9	A	59.6	25.9
2	32.4	Barat Laut	17	61.2	25.75	B	60.3	26
3	33.6	Barat Daya	18	61.9	25.8	C	59.6	25.8
4	32.2	Barat Daya	19	61.5	25.7	D	59.9	25.8
5	33.4	Tenggara	20	61.3	25.8	E	60.1	25.85
6	31.2	Tenggara (Dinding)	21	61.8	25.85	F	60.8	26
7	34.4	Tenggara	22	61.1	25.8	G	62.5	26.1
8	34.6	Tenggara	23	61	25.75	H	63.2	26.2
9	34.4	Tenggara	24	61.5	26	I	63.4	26.3
10	34.4	Tenggara	25	63.4	26.15	J	63.5	26.25
11	34.4	Tenggara	26	64.4	26.25	K	63.5	26.25
12	32.2	Barat Laut	27	64.3	26.25	L	63.1	26.2
13	32.2	Barat Laut	28	64.6	26.25	M	63.1	26.2
14	31.8	Barat Laut	29	64.6	26.35			
15	32.4	Barat Laut	30	59.8	26.4			

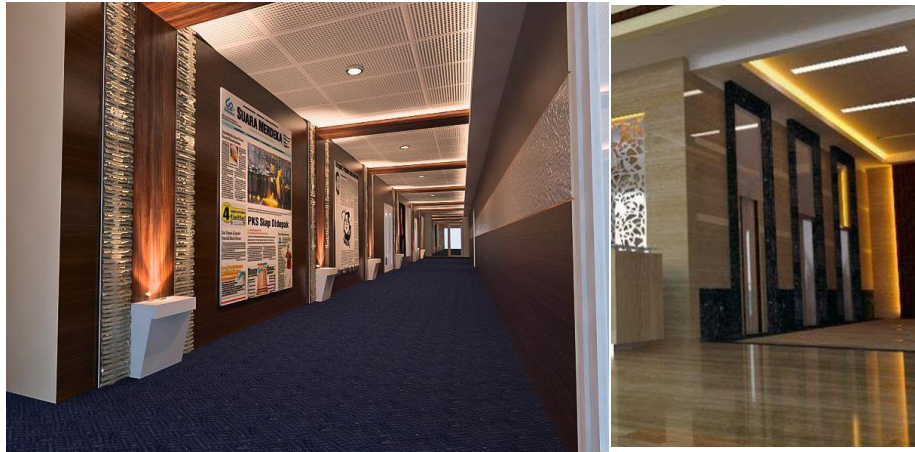
15.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
1	31.8	Barat Laut	16	61	25.7	A	60.8	25.9
2	32.6	Barat Laut	17	61.1	25.7	B	61.4	26
3	34.2	Barat Daya	18	60.7	25.8	C	60.8	25.6
4	32.6	Barat Daya	19	60.8	25.8	D	61.1	25.65
5	32.6	Tenggara	20	61	25.85	E	62.4	26.1
6	32.6	Tenggara (Dinding)	21	60.9	25.8	F	63.5	26.25
7	33.4	Tenggara	22	61.2	25.85	G	63.2	26.2
8	33.6	Tenggara	23	60.7	25.85	H	64.1	26.3
9	33.2	Tenggara	24	62.1	26	I	63.8	26.3
10	33.4	Tenggara	25	63.7	26.2	J	63.9	26.3
11	33.4	Tenggara	26	64.1	26.25	K	64	26.3
12	33.4	Barat Laut	27	64.3	26.15	L	63.8	26.3
13	32	Barat Laut	28	65.8	26.35	M	62	25.7
14	31.8	Barat Laut	29	64.7	26.3			
15	32.2	Barat Laut	30	60.7	25.9			

16.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
1	30.8	Barat Laut	16	63	25.75	A	61.3	25.85
2	31.2	Barat Laut	17	63.3	25.9	B	61.5	25.9
3	31.8	Barat Daya	18	63.2	26	C	61.9	25.9
4	31.4	Barat Daya	19	62.8	25.95	D	62.2	25.95
5	31.6	Tenggara	20	62.8	25.95	E	62.5	26
6	30.6	Tenggara (Dinding)	21	64.6	26.2	F	64.2	26.1
7	32.2	Tenggara	22	65.4	26.25	G	63.9	26.1
8	32.2	Tenggara	23	64.5	26.25	H	65.2	26.2
9	32	Tenggara	24	65.5	26.3	I	65.2	26.2
10	32.2	Tenggara	25	68.1	26.6	J	65.1	26.2
11	32.2	Tenggara	26	67.7	26.6	K	65.5	26.25
12	31.2	Barat Laut	27	65.6	26.25	L	65.5	26.25
13	31	Barat Laut	28	66.4	26.3	M	61.1	25.75
14	31	Barat Laut	29	66.3	26.4			
15	31.4	Barat Laut	30	61.5	25.8			

17.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
1	30.2	Barat Laut	16	64.1	25.5	A	60.5	25.25
2	30.4	Barat Laut	17	63.1	25.5	B	61.8	25.4
3	30.6	Barat Daya	18	62.6	25.5	C	62.4	25.5
4	30.2	Barat Daya	19	62.4	25.45	D	62.4	25.5
5	30.6	Tenggara	20	62.8	25.5	E	62.3	25.5
6	30.2	Tenggara (Dinding)	21	62.2	25.4	F	62.6	25.5
7	30.6	Tenggara	22	62.2	25.4	G	64	25.7
8	30.6	Tenggara	23	62.5	25.45	H	64.8	25.8
9	30.6	Tenggara	24	62.3	25.4	I	65.2	25.8
10	30.6	Tenggara	25	65.3	25.75	J	65.7	25.9
11	30.6	Tenggara	26	66.4	25.9	K	65.8	26.05
12	30.4	Barat Laut	27	66.5	25.7	L	65.8	25.9
13	30.2	Barat Laut	28	66.7	25.7	M	61.2	25.45
14	30.2	Barat Laut	29	66.7	25.95			
15	30.6	Barat Laut	30	58.1	25			

4.2.2. Pengukuran Lapangan pada Lantai 9

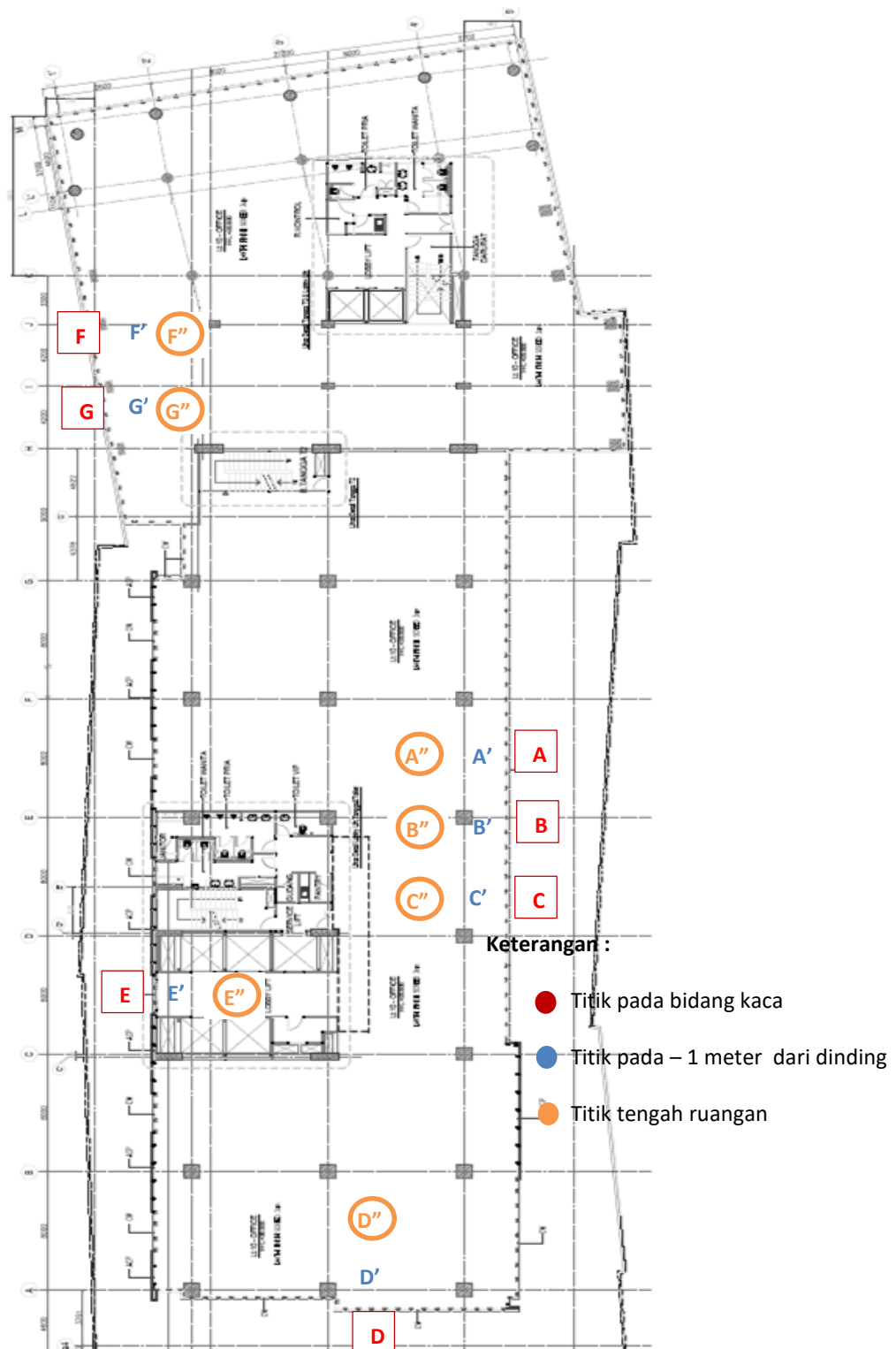
Lantai 9 merupakan lantai yang telah digunakan sebagai perkantoran yaitu Kantor Direksi PT Suara Merdeka, dengan pengaplikasian *artificial devices* optimal.



Gambar 4.10 Kondisi Lantai 9

Sumber : Dokumentasi

Pada tanggal 9 Mei 2017 dilakukan pengukuran lapangan untuk temperatur material selubung bangunan dan temperatur ruangan dalam rentang waktu pukul 08.00 – 16.00 (waktu operasional kantor yang menyewa di lantai tersebut). Titik-titik pengambilan data temperatur dan kelembaban dijelaskan pada Gambar 4.10 dengan data yang diperoleh ada pada Tabel 4.2.



Gambar 4.10
Denah Lantai 9 dan Titik Pengukuran

Tabel IV.2 Hasil Pengukuran TE dan RH per Jam pada Lantai 9

08.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
A	40.2	Tenggara	A'	60	24.15	A"	61	24.2
B	40.1	Tenggara	B'	62	24.35	B"	62	24.45
C	40	Tenggara	C'	62	24.45	C"	61	24.45
D	27	Barat Daya	D'	56	23.85	D"	55	23.5
E	29	Barat Laut	E'	58	24.15	E"	57	24
F	32.8	Barat Laut	F'	56	23.25	F"	57	23.45
G	32.3	Barat Laut	G'	59	23.65	G"	59	23.75

09.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
A	40.6	Tenggara	A'	49	23.55	A"	49	23.55
B	40.4	Tenggara	B'	50	23.75	B"	50	23.75
C	40.2	Tenggara	C'	50	23.85	C"	50	23.85
D	31.7	Barat Daya	D'	50	23.95	D"	49	23.85
E	31.6	Barat Laut	E'	49	23.7	E"	49	23.6
F	31.6	Barat Laut	F'	49	23.3	F"	49	23.3
G	34.4	Barat Laut	G'	51	23.4	G"	51	23.4

10.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
A	36.1	Tenggara	A'	52	22.45	A"	52	22.45
B	35.9	Tenggara	B'	52	22.6	B"	53	22.65
C	35.1	Tenggara	C'	52	22.65	C"	52	22.65
D	30.4	Barat Daya	D'	49	22.45	D"	49	22.45
E	32	Barat Laut	E'	52	22.5	E"	51	22.5
F	35.1	Barat Laut	F'	52	22.4	F"	52	22.5
G	34.5	Barat Laut	G'	52	22.5	G"	51	22.5

11.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
A	32.5	Tenggara	A'	52	20.15	A"	51	21.2
B	32.2	Tenggara	B'	52	20.3	B"	51	20.45
C	32.4	Tenggara	C'	52	20.45	C"	52	20.45
D	30.9	Barat Daya	D'	56	20.85	D"	56	20.95
E	31.8	Barat Laut	E'	55	20.8	E"	55	20.9
F	35.3	Barat Laut	F'	57	21.05	F"	56	21.25
G	35.5	Barat Laut	G'	57	21.2	G"	56	21.35

12.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
A	26.1	Tenggara	A'	54	18.4	A"	53	18.45
B	31.9	Tenggara	B'	55	18.5	B"	55	18.5
C	31.7	Tenggara	C'	55	18.6	C"	56	18.65
D	28.9	Barat Daya	D'	56	19	D"	56	19
E	31.7	Barat Laut	E'	57	19.15	E"	56	19.1
F	37	Barat Laut	F'	55	19.75	F"	57	20.4
G	36.9	Barat Laut	G'	56	20.05	G"	56	20.15

13.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
A	32.3	Tenggara	A'	52	20.05	A"	52	20.05
B	32.5	Tenggara	B'	52	20.05	B"	52	20.05
C	32.9	Tenggara	C'	54	20.1	C"	54	20.1
D	28.7	Barat Daya	D'	56	20.8	D"	55	20.75
E	35.9	Barat Laut	E'	56	20.65	E"	57	20.7
F	43.4	Barat Laut	F'	52	20.85	F"	52	21.3
G	43.7	Barat Laut	G'	52	21.4	G"	52	21.45

14.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
A	32.1	Tenggara	A'	53	18.2	A"	53	18.2
B	31.3	Tenggara	B'	54	19.1	B"	54	19.1
C	30.8	Tenggara	C'	54	19.35	C"	54	19.35
D	29	Barat Daya	D'	58	19.9	D"	58	19.9
E	37	Barat Laut	E'	57	19.95	E"	57	19.95
F	46.8	Barat Laut	F'	57	20.6	F"	56	20.75
G	47.2	Barat Laut	G'	56	21	G"	57	21.35

15.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
A	27	Tenggara	A'	52	21.15	A"	52	21.25
B	32.2	Tenggara	B'	52	21.1	B"	52	21.1
C	32	Tenggara	C'	53	21.15	C"	52	21.1
D	30.4	Barat Daya	D'	53	21.1	D"	53	21.1
E	40.9	Barat Laut	E'	53	21	E"	53	21.1
F	49	Barat Laut	F'	58	21.65	F"	57	21.7
G	49.1	Barat Laut	G'	56	21.95	G"	55	22.15

16.00								
KACA			RUANGAN					
Titik	Dry °C	KET	Titik	RH (%)	TE	Titik	RH (%)	TE
A	30.9	Tenggara	A'	55	18.5	A"	56	18.55
B	30.6	Tenggara	B'	56	18.65	B"	56	18.65
C	29.7	Tenggara	C'	56	18.8	C"	56	18.8
D	27.3	Barat Daya	D'	57	19	D"	57	19
E	33.5	Barat Laut	E'	57	19.1	E"	56	19
F	39	Barat Laut	F'	61	19.7	F"	60	19.75
G	39.2	Barat Laut	G'	60	19.8	G"	59	19.85

BAB V

ANALISIS

5.1. Nilai *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV)

Menara Suara Merdeka Semarang merupakan bangunan 15 lantai (+2 basement) yang didominasi kaca sebagai material selubung bangunan. Untuk mengetahui perpindahan panas pada gedung Menara Suara Merdeka, dilakukan kalkulasi menggunakan rumus *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) pada seluruh facade bangunan.

Konsep OTTV ini mencakup tiga elemen dasar perpindahan panas melalui dinding luar bangunan, yaitu :

- d. Konduksi panas melalui dinding tidak tembus cahaya.
- e. Konduksi panas melalui kaca.
- f. Transmisi radiasi matahari melalui kaca.

Sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) mengenai “Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung” ini merupakan revisi dari SNI 03-6389-2011, nilai perpindahan termal menyeluruh untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu, akan dihitung melalui persamaan (1).

$$OTTV = \alpha (U_w \times (1 - WWR)) \times T_{Dek} + (SC \times WWR \times SF) + (U_f \times WWR \times \Delta T)$$

OTTV : Nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (Watt/m²).

α : Absorbtansi radiasi matahari.

U_w : Transmittansi termal dinding tidak tembus cahaya (Watt/m².K).

WWR : Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan.

T_{Dek} : Beda temperatur ekuivalen (K).

SC : Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi.

SF : Faktor radiasi matahari (W/m²).

U_f : Transmittansi termal fenestrasi (W/m².K).

ΔT : Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam.

Pada proses analisis ini, untuk menentukan nilai dari masing-masing variabel adalah dengan cara sebagai berikut :

Tabel V.1 Menentukan Nilai Masing-Masing Variabel OTTV

No	Jenis Variabel		Cara Menentukan Nilai
1	Absortansi Radiasi Matahari	α	Telah diketahui dalam SNI, sesuai dengan jenis material
2	Transmittansi termal dinding tidak tembus cahaya	U _w	Telah diketahui dalam SNI, sesuai dengan jenis material
3	Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan	WWR	Dihitung manual, sesuai dengan kondisi bangunan
4	Beda temperatur ekuivalen	T _{Dek}	Telah diatur dalam SNI
5	Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi	SC	Simulasi ECOTECT
6	Faktor radiasi matahari	SF	Telah diatur dalam SNI
7	Transmittansi termal fenestrasi	U _f	Telah diketahui dalam SNI, sesuai dengan jenis material
8	Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam	ΔT	Telah diatur dalam SNI, diketahui = 5

Untuk variabel dengan nilai-nilai yang telah diketahui dan diatur sebelumnya, penyusun tidak menampilkan dalam proses analisis. Dalam bab analisis ini penyusun menampilkan proses memperoleh nilai variabel *Shading Coefficient* masing-masing fasade dengan menggunakan simulasi software Autodesk Ecotect.

Kalkulasi perpindahan panas akan dilakukan secara parsial per-fasade bangunan dengan sampel penelitian sesuai dengan yang telah

disebutkan dalam lingkup spasial adalah lantai 9 dan 10, yang kemudian akan dilakukan kalkulasi OTTV secara menyeluruh.

5.2. Menentukan Nilai *Shading Coefficient* menggunakan Software Autodesk Ecotect

Persentase perpindahan panas pada selubung bangunan terletak pada nilai *Solar Heat Gain* pada bidang transparan. Nilai *Solar Heat Gain* dapat mencapai 75% dari total nilai perpindahan panas pada selubung bangunan (Setyowati 2015).

Koefisien peneduh adalah nilai dari perolehan kalor matahari yang melewati material transparan dibandingkan dengan jumlah perolehan kalor matahari yang melewati lembaran kaca *float* bening dengan koefisien panas matahari total sebesar 0,87 (yaitu selemba kaca float bening setebal 3 mm yang memiliki koefisien shading 1). Untuk memperoleh nilai koefisien peneduh (SC) tiap sistem fenestrasi dapat diperoleh secara manual dengan cara mengalikan besaran SC kaca (SC1) dengan SC efektif dari kelengkapan peneduh luar (SC2), sehingga persamaannya menjadi seperti pada persamaan (2) :

$$SC = SC1 \times SC2$$

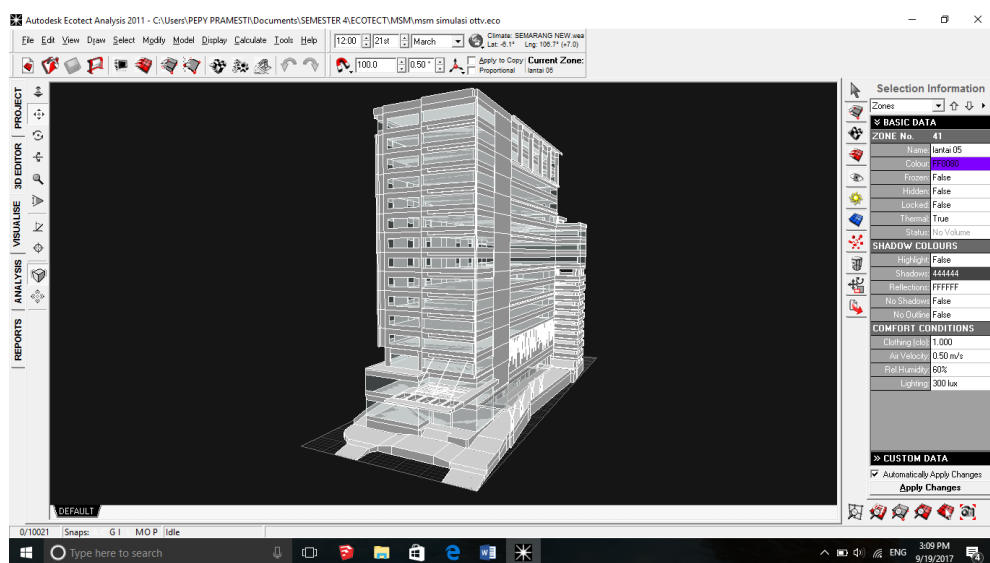
- a. Angka koefisien peneduh kaca (SC 1) didasarkan atas data pabrik produsen, yang ditentukan berdasarkan sudut datang 45' terhadap garis normal.
- b. Sedangkan untuk memperoleh angka koefisien peneduh luar (SC 2) diperlukan klasifikasi jenis kaca berdasarkan nilai *OPF* (*Overhead Projection Factor*) dan *SPF* (*Sidefin Projection Factor*). Yang kemudian nilai OPF dan SPF dicocokkan dengan table *External Shading Multiplier* yang dimiliki setiap negara. Dalam hal ini Indonesia belum memiliki standard tersebut.

Software Autodesk Ecotect dalam hal ini mampu memberi kontribusi dalam menghitung persentase SC Efektif (SC 2) tanpa terkendala desain

shading device yang rumit sekalipun, dengan menginput data klimatologi daerah tempat bangunan berdiri, serta mengatur parameter orientasi bangunan dan parameter waktu.

Langkah – langkah dalam melakukan simulasi Ecotect untuk mendapatkan nilai Shading Coefficient Effective (SC 2) adalah sebagai berikut :

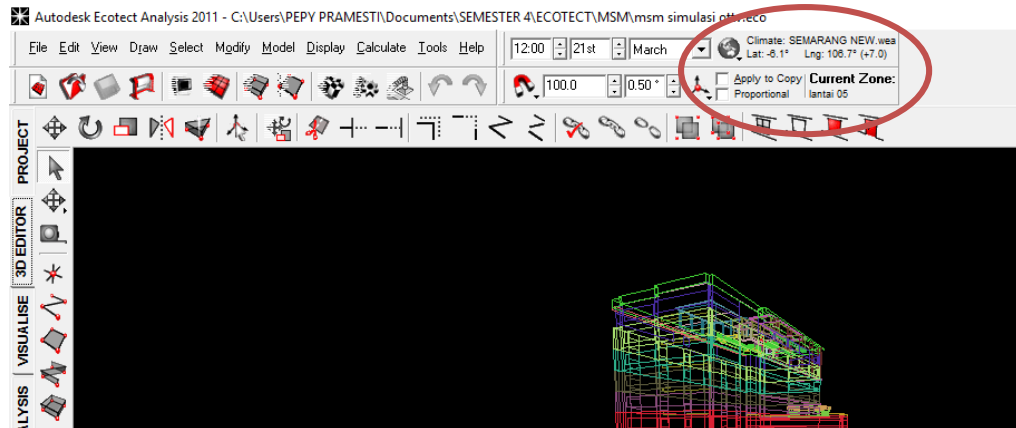
- a. Melakukan pemodelan (*modelling*) bangunan Menara Suara Merdeka Semarang sesuai dengan kondisi di lapangan.



Gambar 5.1 Pemodelan pada Software Ecotect

- b. Untuk memperoleh model pembayangan yang riil saat simulasi, dilakukan input data klimatologi wilayah Semarang pada parameter *climae data*. Dalam penelitian ini, digunakan data klimatologi Kota Semarang yang diperoleh dari weatherbase.com, dikarenakan data klimatologi dari BMKG Kota Semarang belum dapat memfasilitasi seluruh kebutuhan data iklim yang dipersyaratkan Ecotect.

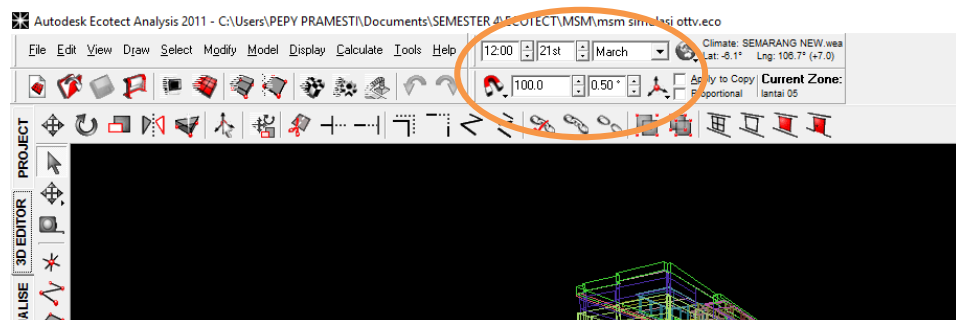
Data iklim yang dibutuhkan untuk simulasi software adalah data iklim per-jam dari temperatur udara luar, radiasi matahari (*direct solar* dan *indirect solar*), kelembaban udara per-jam, pergerakan angin.



Gambar 5.2 Penginputan Data Iklim pada Software

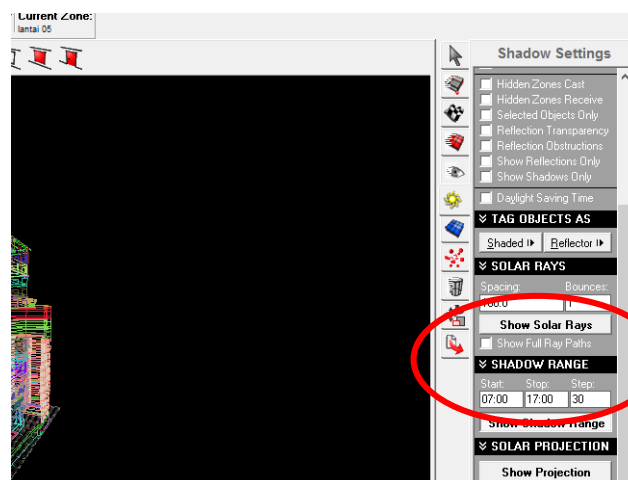
c. Untuk parameter waktu :

- 1) Tanggal diatur pada 4 tanggal ekstrim periode iklim tropis tahunan, yaitu tanggal 21 Maret, 22 Juni, 23 September dan 22 Desember.



Gambar 5.3 Pengaturan Tanggal pada Software

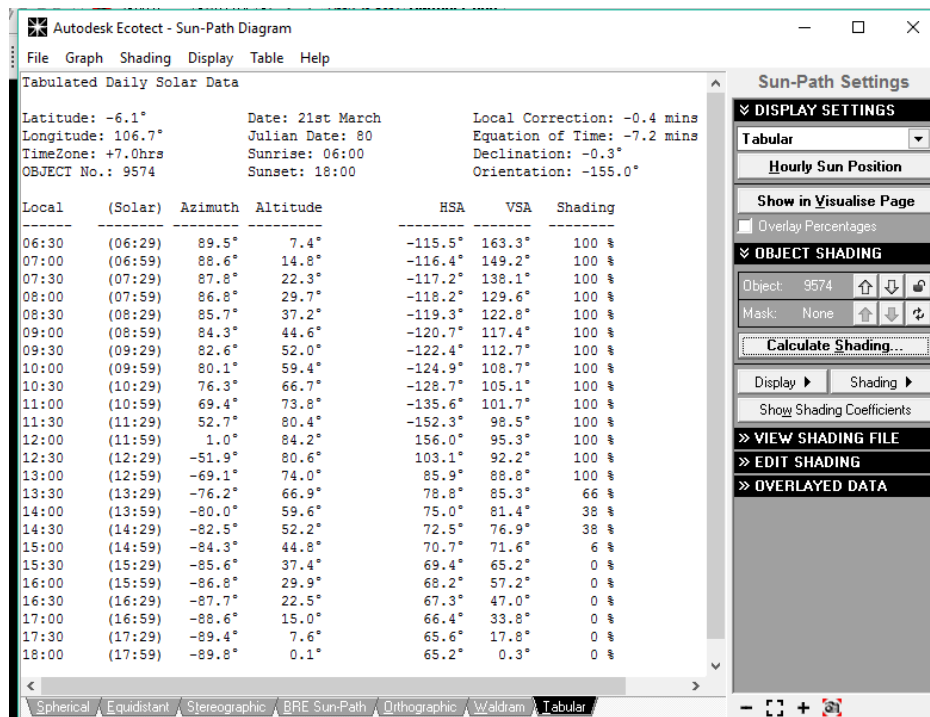
- 2) Jam diatur pada rentang 07.00-17.00 dengan interval 1 jam.



Gambar 5.4 Pengaturan Interval Waktu

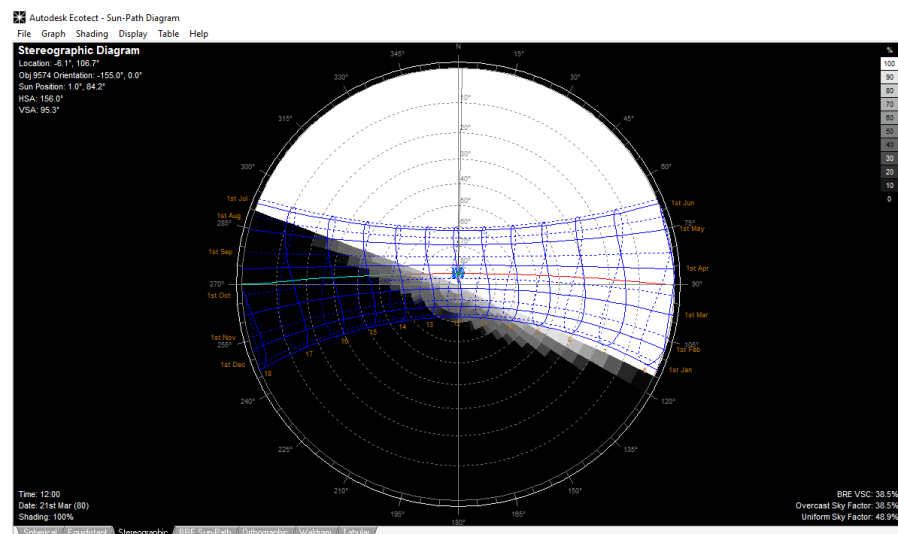
d. Untuk masing-masing tanggal tersebut, dilakukan simulasi untuk mendapatkan persentase *solar shade*. Data berupa :

- 1) Tabel yang menghasilkan persentase solar shade per jam pada tanggal tertentu.



Gambar 5.5 Tabel Solar Shade

- 2) Stereographic Diagram yang menunjukkan gradasi pembayangan per jam dalam *sun path diagram*.



Gambar 5.6 Stereographic Diagram

- e. Output yang dihasilkan dari simulasi adalah presentase *solar shade* per-jam pada waktu-waktu ekstrim di periode tahunan iklim tropis. Persentase *solar shade* tersebut kemudian dikalkulasikan dengan *Normal Direct Radiation* (ID) dan *Diffuse Radiation* (Id) (Standar Nasional Indonesia 03-6389-2011).

$$SC - day = \frac{\Sigma[(100\% - SS) \times ID - Id]}{\Sigma(ID + Id)}$$

SC-day : *Shading Coefficient* per hari

SS : *Solar Shade*

ID : *Normal Direct Radiation* (W/m²)

Id : *Diffuse Radiation* (W/m²)

Kalkulasi tersebut berlaku dengan catatan apabila ID + Id > 0.

Perbedaan antara perhitungan SC Efektif secara manual dengan simulasi Ecotect adalah :

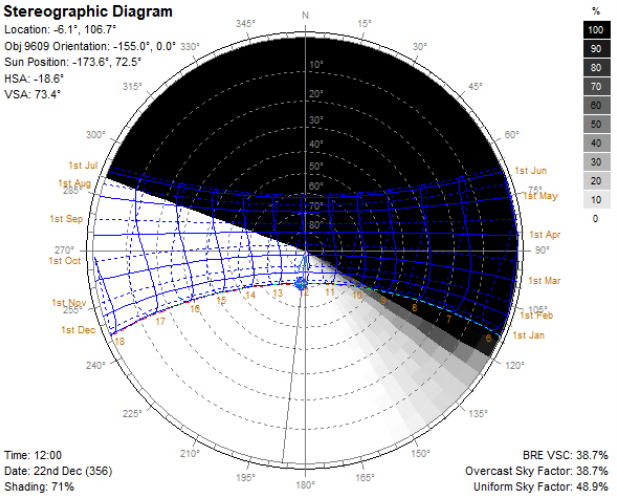
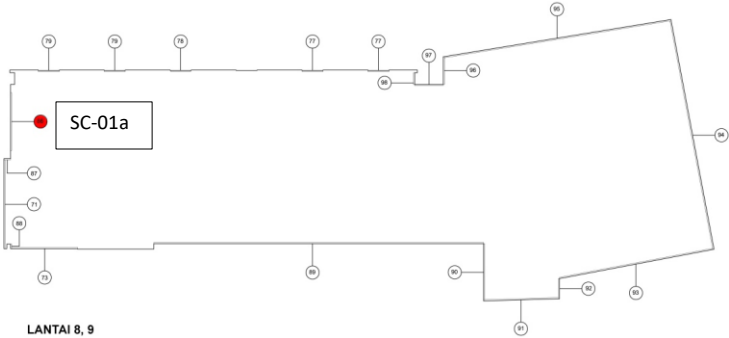
- Apabila dianalogikan, konsep perhitungan manual menggunakan teori cahaya sederhana (*point method*), sedangkan *overshadowing* pada simulasi Ecotect seperti teori *lumen method*.
- Nilai *Shading Coefficient* pada Ecotect lebih realistis karena bersifat ruang / tiga dimensi (3D), sedangkan nilai SC secara manual hanya dilihat dari satu penampang geometris (2D).
- Proses simulasi pada Ecotect juga akan melibatkan efek pembayangan dari massa bangunan, sedangkan SC manual independen terhadap faktor sekitarnya.

Di bawah ini adalah hasil simulasi Ecotect untuk mendapatkan nilai *shading coefficient* pada seluruh fasade lantai 9 dan 10 Menara Suara Merdeka Semarang.

5.2.1 Fasade Barat Daya

5.2.1.1 SC-01a Lantai 9

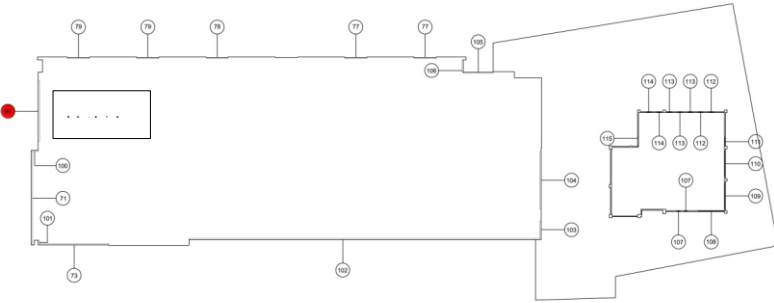
Sceff	ORIENTASI BARAT DAYA												
Date:21st March			Date:22nd June										
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE				
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	23	100%	23	23		
07.00	0.0	60		60	60	700	0.0	53		53	53		
08.00	0.0	85		85	85	800	0.0	76		76	76		
09.00	0.0	104		104	104	900	0.0	93		93	93		
10.00	0.0	123		123	123	1000	0.0	109		109	109		
11.00	0.0	133		133	133	1100	0.0	116		116	116		
12.00	47.0	139		139	186	1200	0.0	116		116	116		
13.00	180.0	136		136	316	1300	0.0	106		106	106		
14.00	325.0	98		0%	423	423	1400	38.0		98	100%	98	136
15.00	382.0	76		0%	458	458	1500	97.0		86	100%	86	183
16.00	321.0	48	0%	369	369	1600	114.0	63	100%	63	177		
17.00	94.0	23	0%	117	117	1700	53.0	23	100%	23	76		
18.00	0.0	0	0%	0	0	1800	0.0	0		0	0		
				2175	2402					962	1264.0		
SC-day					0.91	SC-day					0.76		
Date:23rdSeptember			Date:22ndDecember										
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE				
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	20	100%	20	20		
07.00	0.0	60	100%	60	60	700	0.0	50	100%	50	50		
08.00	0.0	85	100%	85	85	800	0.0	73	100%	73	73		
09.00	0.0	104	100%	104	104	900	0.0	93	100%	93	93		
10.00	0.0	123	100%	123	123	1000	9.0	111	32%	117.12	120		
11.00	0.0	133	100%	133	133	1100	99.0	131	5%	225.05	230		
12.00	47.0	139	100%	139	186	1200	144.0	144	0%	288	288		
13.00	180.0	136	0%	316	316	1300	389.0	146	0%	535	535		
14.00	325.0	98	0%	423	423	1400	470.0	136	0%	606	606		
15.00	382.0	76	0%	458	458	1500	496.0	119	0%	615	615		
16.00	321.0	48	0%	369	369	1600	417.0	88	0%	505	505		
17.00	94.0	23	0%	117	117	1700	162.0	30	0%	192	192		
18.00	0.0	0		0	0	1800	0.0	0	0%	0	0		
				2355	2402					3319.17	3327		
SC-day					0.98	SC-day					1.00		
SC-annual	0.94												



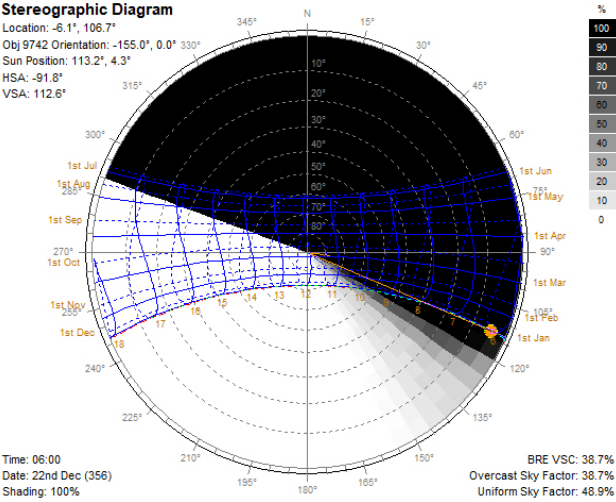
Gambar 5.7
Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-01a

5.2.1.2 SC-01b (Lantai 10)

SCeff	ORIENTASI BARAT DAYA												
Date:21st March			Date:22nd June										
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE				
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	23	100%	23	23		
07.00	0.0	60		60	60	700	0.0	53		53	53		
08.00	0.0	85		85	85	800	0.0	76		76	76		
09.00	0.0	104		104	104	900	0.0	93		93	93		
10.00	0.0	123		123	123	1000	0.0	109		109	109		
11.00	0.0	133		133	133	1100	0.0	116		116	116		
12.00	47.0	139		139	186	1200	0.0	116		116	116		
13.00	180.0	136		136	316	1300	0.0	106		106	106		
14.00	325.0	98		0%	423	423	1400	38.0		98	100%	98	136
15.00	382.0	76		0%	458	458	1500	97.0		86	100%	86	183
16.00	321.0	48	0%	369	369	1600	114.0	63	100%	63	177		
17.00	94.0	23	0%	117	117	1700	53.0	23	100%	23	76		
18.00	0.0	0	0%	0	0	1800	0.0	0		0	0		
				2175	2402					962	1264.0		
SC-day					0.91	SC-day					0.76		
Date:23rdSeptember			Date:22ndDecember										
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE				
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	20	100%	20	20		
07.00	0.0	60	100%	60	60	700	0.0	50	100%	50	50		
08.00	0.0	85	100%	85	85	800	0.0	73	100%	73	73		
09.00	0.0	104	100%	104	104	900	0.0	93	100%	93	93		
10.00	0.0	123	100%	123	123	1000	9.0	111	32%	117.12	120		
11.00	0.0	133	100%	133	133	1100	99.0	131	5%	225.05	230		
12.00	47.0	139	100%	139	186	1200	144.0	144	0%	288	288		
13.00	180.0	136	0%	316	316	1300	389.0	146	0%	535	535		
14.00	325.0	98	0%	423	423	1400	470.0	136	0%	606	606		
15.00	382.0	76	0%	458	458	1500	496.0	119	0%	615	615		
16.00	321.0	48	0%	369	369	1600	417.0	88	0%	505	505		
17.00	94.0	23	0%	117	117	1700	162.0	30	0%	192	192		
18.00	0.0	0		0	0	1800	0.0	0	0%	0	0		
				2355	2402					3319.17	3327		
SC-day					0.98	SC-day					1.00		
SC-annual	0.94												



LANTAI 10 & 11

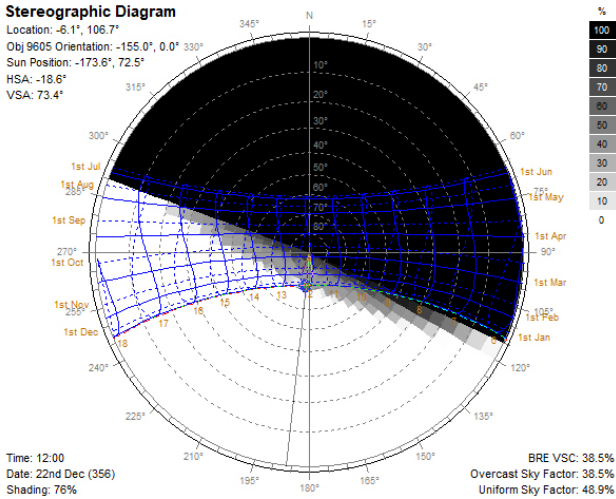
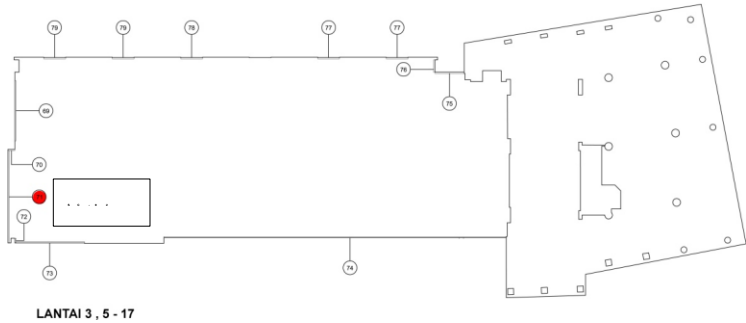


Gambar 5.8

Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-01b

5.2.1.3 SC 02 (Lantai 9 - 10)

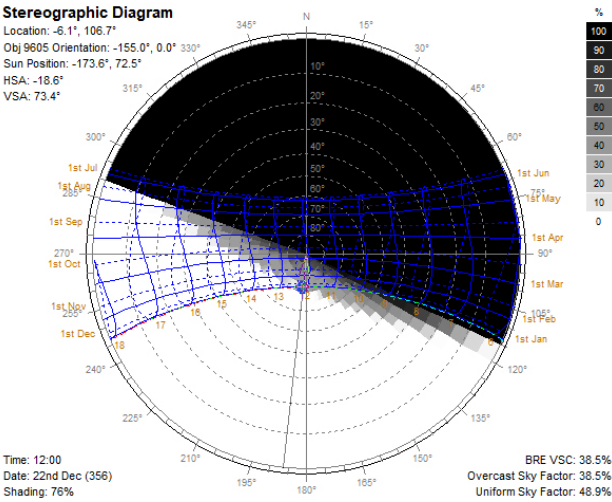
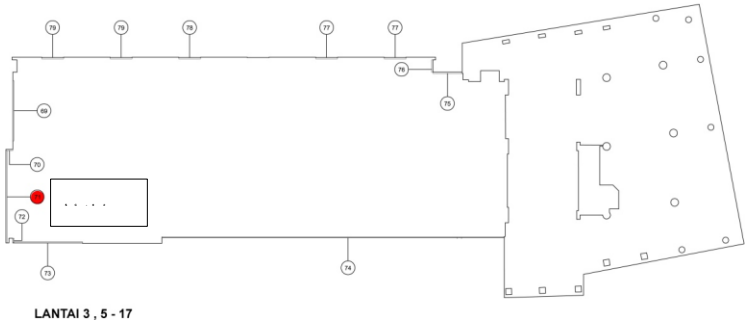
SCeff		ORIENTASI BARAT DAYA									
Date:21st March						Date:22nd June					
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	23	100%	23	23
07.00	0.0	60		60	60	700	0.0	53		53	53
08.00	0.0	85		85	85	800	0.0	76		76	76
09.00	0.0	104		104	104	900	0.0	93		93	93
10.00	0.0	123		123	123	1000	0.0	109		109	109
11.00	0.0	133		133	133	1100	0.0	116		116	116
12.00	47.0	139		139	186	1200	0.0	116		116	116
13.00	180.0	136		136	316	1300	0.0	106		106	106
14.00	325.0	98		299.5	423	1400	38.0	98		98	136
15.00	382.0	76	6%	435.08	458	1500	97.0	86	100%	86	183
16.00	321.0	48	0%	369	369	1600	114.0	63	100%	63	177
17.00	94.0	23	0%	117	117	1700	53.0	23	100%	23	76
18.00	0.0	0	0%	0	0	1800	0.0	0		0	0
				2028.58	2402					962	1264.0
SC-day					0.84	SC-day					0.76
Date:23rdSeptember						Date:22ndDecember					
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	20	100%	20	20
07.00	0.0	60	100%	60	60	700	0.0	50	100%	50	50
08.00	0.0	85	100%	85	85	800	0.0	73	100%	73	73
09.00	0.0	104	100%	104	104	900	0.0	93	89%	93	93
10.00	0.0	123	100%	123	123	1000	9.0	111	52%	115.32	120
11.00	0.0	133	100%	133	133	1100	99.0	131	38%	192.38	230
12.00	47.0	139	100%	139	186	1200	144.0	144	17%	263.52	288
13.00	180.0	136	77%	177.4	316	1300	389.0	146	0%	535	535
14.00	325.0	98	38%	299.5	423	1400	470.0	136	0%	606	606
15.00	382.0	76	6%	435.08	458	1500	496.0	119	0%	615	615
16.00	321.0	48	0%	369	369	1600	417.0	88	0%	505	505
17.00	94.0	23	0%	117	117	1700	162.0	30	0%	192	192
18.00	0.0	0		0	0	1800	0.0	0	0%	0	0
				2069.98	2402					3260.22	3327
SC-day					0.86	SC-day					0.98
SC-annual	0.89										



Gambar 5.9
Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-02

5.2.1.3 SC 02 (Lantai 9 - 10)

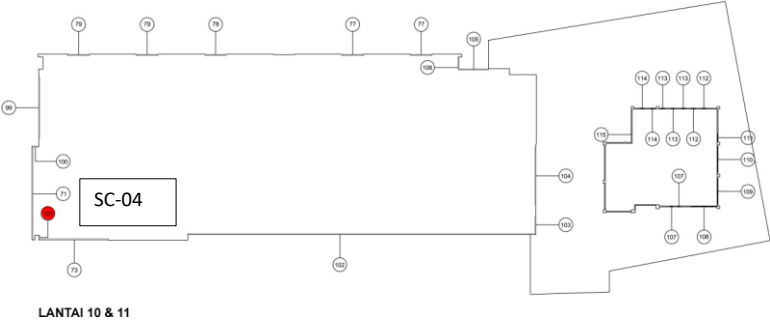
SCeff	ORIENTASI		BARAT DAYA										
Date:21st March			Date:22nd June										
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE				
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	23	100%	23	23		
07.00	0.0	60		60	60	700	0.0	53		53	53		
08.00	0.0	85		85	85	800	0.0	76		76	76		
09.00	0.0	104		104	104	900	0.0	93		93	93		
10.00	0.0	123		123	123	1000	0.0	109		109	109		
11.00	0.0	133		133	133	1100	0.0	116		116	116		
12.00	47.0	139		139	186	1200	0.0	116		116	116		
13.00	180.0	136		136	316	1300	0.0	106		106	106		
14.00	325.0	98		38%	299.5	423	1400	38.0		98	100%	98	136
15.00	382.0	76		6%	435.08	458	1500	97.0		86	100%	86	183
16.00	321.0	48	0%	369	369	1600	114.0	63	100%	63	177		
17.00	94.0	23	0%	117	117	1700	53.0	23	100%	23	76		
18.00	0.0	0	0%	0	0	1800	0.0	0		0	0		
				2028.58	2402					962	1264.0		
SC-day					0.84	SC-day					0.76		
Date:23rdSeptember			Date:22ndDecember										
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE				
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	20	100%	20	20		
07.00	0.0	60	100%	60	60	700	0.0	50	100%	50	50		
08.00	0.0	85	100%	85	85	800	0.0	73	100%	73	73		
09.00	0.0	104	100%	104	104	900	0.0	93	89%	93	93		
10.00	0.0	123	100%	123	123	1000	9.0	111	52%	115.32	120		
11.00	0.0	133	100%	133	133	1100	99.0	131	38%	192.38	230		
12.00	47.0	139	100%	139	186	1200	144.0	144	17%	263.52	288		
13.00	180.0	136	77%	177.4	316	1300	389.0	146	0%	535	535		
14.00	325.0	98	38%	299.5	423	1400	470.0	136	0%	606	606		
15.00	382.0	76	6%	435.08	458	1500	496.0	119	0%	615	615		
16.00	321.0	48	0%	369	369	1600	417.0	88	0%	505	505		
17.00	94.0	23	0%	117	117	1700	162.0	30	0%	192	192		
18.00	0.0	0		0	0	1800	0.0	0	0%	0	0		
				2069.98	2402					3260.22	3327		
SC-day					0.86	SC-day					0.98		
SC-annual	0.89												



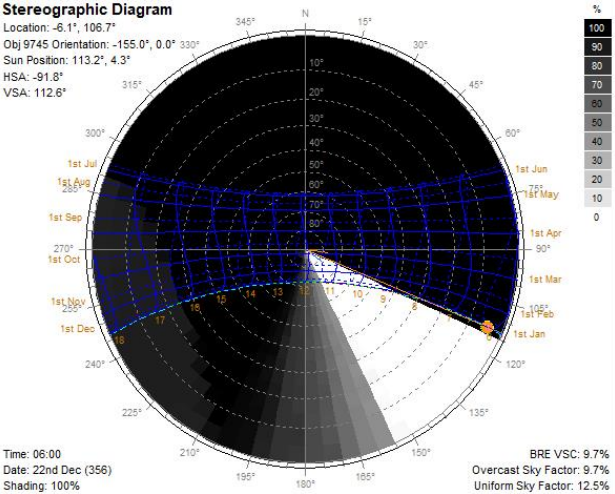
Gambar 5.9
Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-02

5.2.1.4 SC-04 (Lantai 10)

SCeff	ORIENTASI		BARAT DAYA								
Date:21st March			Date:22nd June								
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	23	100%	23	23
07.00	0.0	60		60	60	700	0.0	53		53	53
08.00	0.0	85		85	85	800	0.0	76		76	76
09.00	0.0	104		104	104	900	0.0	93		93	93
10.00	0.0	123		123	123	1000	0.0	109		109	109
11.00	0.0	133		133	133	1100	0.0	116		116	116
12.00	47.0	139		139	186	1200	0.0	116		116	116
13.00	180.0	136		136	316	1300	0.0	106		106	106
14.00	325.0	98		98	423	1400	38.0	98		98	136
15.00	382.0	76		76	458	1500	97.0	86		86	183
16.00	321.0	48	100%	48	369	1600	114.0	63	100%	63	177
17.00	94.0	23	90%	32.4	117	1700	53.0	23	100%	23	76
18.00	0.0	0	87%	0	0	1800	0.0	0		0	0
				1062.4	2402					962	1264.0
SC-day					0.44	SC-day					0.76
Date:23rdSeptember						Date:22ndDecember					
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	20	100%	20	20
07.00	0.0	60	100%	60	60	700	0.0	50	100%	50	50
08.00	0.0	85	100%	85	85	800	0.0	73	100%	73	73
09.00	0.0	104	100%	104	104	900	0.0	93	0%	93	93
10.00	0.0	123	100%	123	123	1000	9.0	111	0%	120	120
11.00	0.0	133	100%	133	133	1100	99.0	131	0%	230	230
12.00	47.0	139	100%	139	186	1200	144.0	144	80%	172.8	288
13.00	180.0	136	100%	136	316	1300	389.0	146	100%	146	535
14.00	325.0	98	100%	98	423	1400	470.0	136	100%	136	606
15.00	382.0	76	100%	76	458	1500	496.0	119	100%	119	615
16.00	321.0	48	100%	48	369	1600	417.0	88	98%	96.34	505
17.00	94.0	23	89%	33.34	117	1700	162.0	30	88%	49.44	192
18.00	0.0	0		0	0	1800	0.0	0	88%	0	0
				1063.34	2402					1305.58	3327
SC-day					0.44	SC-day					0.39
SC-annual	0.47										



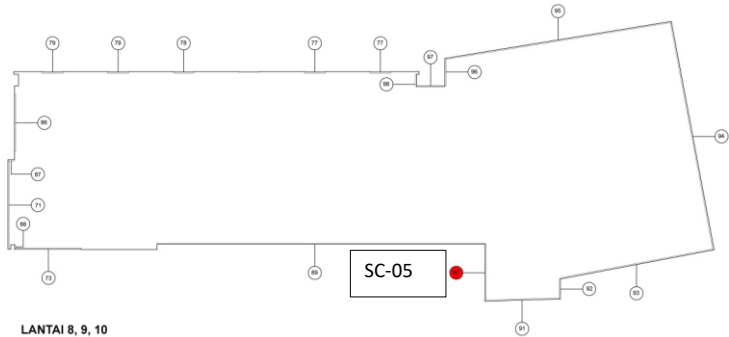
LANTAI 10 & 11



Gambar 5.11
Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-04

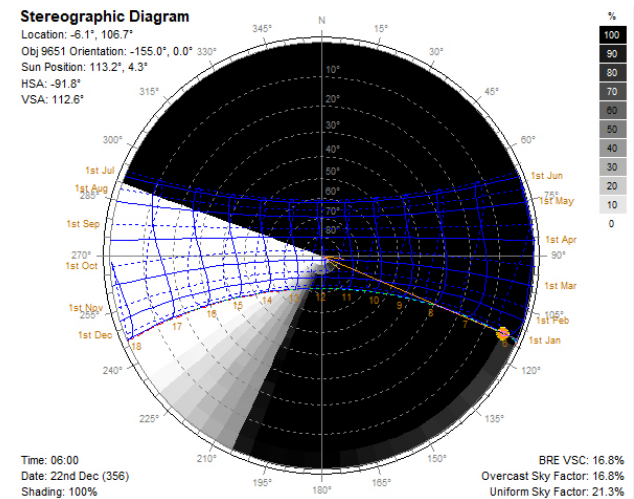
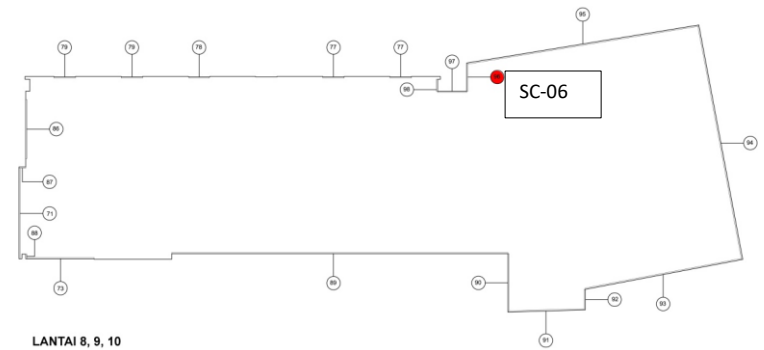
5.2.1.5 SC-05 Lantai 10

SCeff	ORIENTASI BARAT DAYA										
Date:21st March			Date:22nd June								
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOURL	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOURL	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	23	100%	23	23
07.00	0.0	60		60	60	700	0.0	53		53	53
08.00	0.0	85		85	85	800	0.0	76		76	76
09.00	0.0	104		104	104	900	0.0	93		93	93
10.00	0.0	123		123	123	1000	0.0	109		109	109
11.00	0.0	133		133	133	1100	0.0	116		116	116
12.00	47.0	139		139	186	1200	0.0	116		116	116
13.00	180.0	136		136	316	1300	0.0	106		106	106
14.00	325.0	98		98	423	1400	38.0	98		98	136
15.00	382.0	76		76	458	1500	97.0	86		86	183
16.00	321.0	48	100%	48	369	1600	114.0	63	100%	63	177
17.00	94.0	23	100%	23	117	1700	53.0	23	100%	23	76
18.00	0.0	0	97%	0	0	1800	0.0	0		0	0
				1053	2402					962	1264.0
SC-day					0.44	SC-day					0.76
Date:23rdSeptember			Date:22ndDecember								
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOURL	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOURL	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	20	46%	20	20
07.00	0.0	60	100%	60	60	700	0.0	50	82%	50	50
08.00	0.0	85	100%	85	85	800	0.0	73	93%	73	73
09.00	0.0	104	100%	104	104	900	0.0	93	0%	93	93
10.00	0.0	123	100%	123	123	1000	9.0	111	0%	120	120
11.00	0.0	133	100%	133	133	1100	99.0	131	0%	230	230
12.00	47.0	139	100%	139	186	1200	144.0	144	16%	264.96	288
13.00	180.0	136	100%	136	316	1300	389.0	146	63%	289.93	535
14.00	325.0	98	100%	98	423	1400	470.0	136	100%	136	606
15.00	382.0	76	100%	76	458	1500	496.0	119	100%	119	615
16.00	321.0	48	100%	48	369	1600	417.0	88	100%	88	505
17.00	94.0	23	100%	23	117	1700	162.0	30	100%	30	192
18.00	0.0	0		0	0	1800	0.0	0	100%	0	0
				1053	2402					1513.89	3327
SC-day					0.44	SC-day					0.46
SC-annual	0.49										



5.2.1.6 SC-06 (Lantai 9-10)

SCeff	ORIENTASI BARAT DAYA				
Date:21st March	Date:22nd June				
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	28		28	28
07.00	0.0	60	100%	60	60
08.00	0.0	85	100%	85	85
09.00	0.0	104	100%	104	104
10.00	0.0	123	100%	123	123
11.00	0.0	133	100%	133	133
12.00	47.0	139	100%	139	186
13.00	180.0	136	100%	136	316
14.00	325.0	98	0%	423	423
15.00	382.0	76	0%	458	458
16.00	321.0	48	0%	369	369
17.00	94.0	23	0%	117	117
18.00	0.0	0	0%	0	0
				2175	2402
SC-day				0.91	
Date:23rdSeptember	Date:22ndDecember				
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	28	100%	28	28
07.00	0.0	60	100%	60	60
08.00	0.0	85	100%	85	85
09.00	0.0	104	100%	104	104
10.00	0.0	123	100%	123	123
11.00	0.0	133	100%	133	133
12.00	47.0	139	100%	139	186
13.00	180.0	136	0%	316	316
14.00	325.0	98	0%	423	423
15.00	382.0	76	0%	458	458
16.00	321.0	48	0%	369	369
17.00	94.0	23	0%	117	117
18.00	0.0	0	0%	0	0
				2355	2402
SC-day				0.98	
SC-annual	0.90				



Gambar 5.13
Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-06

Tabel di atas memuat kolom *Solar Shade* yang berisi persentase *Solar Shade* / pembayangan matahari hasil dari simulasi Ecotect pada masing masing tipe fenetrasi yang menghadap Barat Daya. Poin penting dari kalkulasi berbagai tipe *shading device* (vertical, horizontal, kombinasi) adalah untuk mengetahui persentase *solar shading* yang didapat dari pemakaian *shading device* pada setiap jam selama satu hari, pada 4 waktu ekstrim dalam periode tahunan iklim tropis (21 Maret, 21 Juni, 23 September, 22 Desember). Sehingga diperoleh hasil seperti pada Tabel. Sedangkan Stereographic Diagram di atas merupakan tampilan gradasi pembayangan (*sun shading movement*) pada *sun path diagram* yang dilakukan pengaturan tanggal 22 Desember dimana posisi matahari berada di bawah garis equator.

Posisi SC-01a, SC-01b dan SC-02 yang menghadap Barat Daya dalam satu bidang memiliki karakteristik pembayangan yang sama.

- 1) Pada posisi matahari tanggal 21 Maret (matahari tepat di garis equator) bidang ini mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 07.00 hingga 13.00. Pada pukul 14.00 dan seterusnya tidak terbayangi sama sekali (0%).
- 2) Pada tanggal 22 Juni (posisi matahari di atas equator) bidang ini terbayangi 100% sepanjang hari.
- 3) Pada posisi matahari tanggal 23 September (matahari kembali tepat di garis equator) bidang ini mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 06.00 hingga 12.00. Dan selanjutnya tidak terbayangi sama sekali (0%).
- 4) Posisi tanggal 22 Desember di pagi hari (pukul 06.00 – 09.00) bidang tersebut memperoleh pembayangan sempurna 100%, pada pukul 10.00 hingga 11.00 pembayangan mulai berkurang (32%, 5%) dan pukul 12.00 hingga 17.00 bidang tersebut total tidak terbayangi.

Pada poin 5.2.1.3 dan 5.2.1.4 dapat dilihat posisi SC-03 dan SC-04 berada dalam posisi yang sama hanya berbeda lantai. Sehingga memiliki hasil pembayangan yang sama. Posisi bidang ini cukup terlindungi dari sinar matahari karena terhalangi oleh bidang lain. (Lihat pada gambar 5.2.1.3 dan 5.2.1.4)

- 1) Pada posisi matahari tanggal 21 Maret (matahari tepat di garis equator) bidang ini mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 07.00 hingga 16.00. Pada pukul 17.00 terbayangi 90%.
- 2) Pada tanggal 22 Juni (posisi matahari di atas equator) bidang ini terbayangi 100% sepanjang hari.
- 3) Pada posisi matahari tanggal 23 September (matahari kembali tepat di garis equator) bidang ini mendapatkan pembayangan 100% sepanjang hari, dan berkurang menjadi 88-89% di pukul 17.00.
- 4) Posisi tanggal 22 Desember di pagi hari (pukul 06.00 – 08.00) bidang tersebut memperoleh pembayangan sempurna 100%, pada pukul 09.00 hingga 11.00 menjadi tidak terbayangi sama sekali (0%) dan pukul 12.00 hingga 17.00 bidang beranjak terbayangi kembali dengan variasi persentasi pembayangan 80% menuju 100% lalu turun kembali ke 98% dan 88-86%.

Bidang fenetrasi SC-05 berada pada sisi barat daya yang menyiku dengan sisi tenggara, sehingga ada potensi terbayangi pada posisi tertentu. Tampak pada table Stereographic Diagram kondisi sebagai berikut:

1. Pada posisi matahari tanggal 21 Maret (matahari tepat di garis equator) bidang ini mendapatkan pembayangan 100% sepanjang hari.
2. Begitu pula pada tanggal 22 Juni (posisi matahari di atas equator) bidang ini terbayangi 100% sepanjang hari.

3. Tidak lain halnya pada posisi matahari tanggal 23 September (matahari kembali tepat di garis equator) bidang ini mendapatkan pembayangan 100% sepanjang hari.
4. Variasi pembayangan terjadi pada posisi tanggal 22 Desember di pagi pada pukul 06.00 hingga 08.00 terjadi gradasi pembayangan dari lemah ke kuat (46%,82%,93%). Namun pada pukul 10.00 – 11.00 bidang tersebut menjadi total tidak terbayangi (0%). Beranjak pukul 12.00 bidang terbayangi 16% dan meningkat hingga 63% pada pukul 13.00. Selanjutnya dari pukul 14.00 – 18.00 bidang terbayangi 100%.

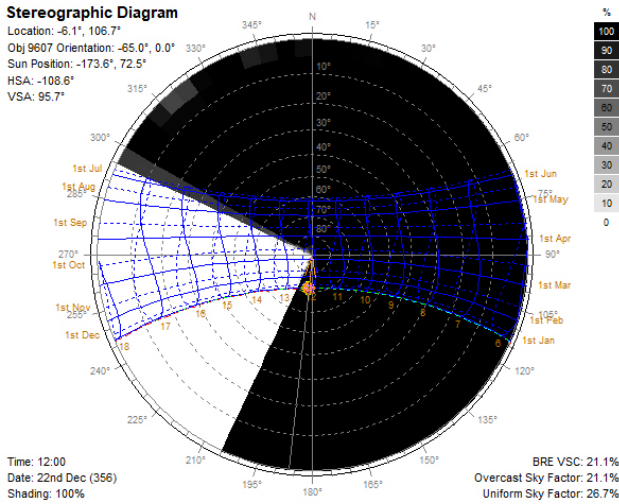
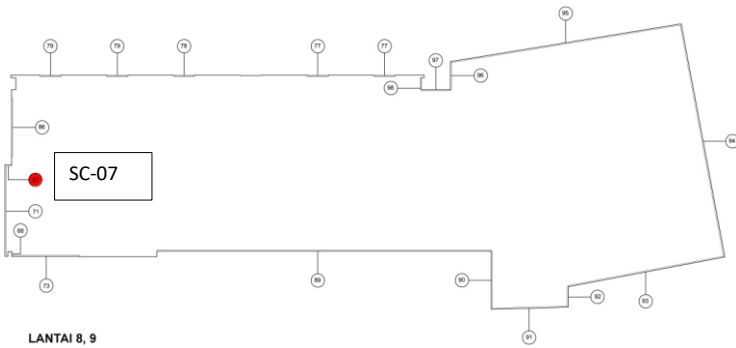
Lain halnya dengan fenetrasi SC-06 yang secara posisi merupakan kontra-posisi dari SC-05.

- 1) Pada posisi matahari tanggal 21 Maret (matahari tepat di garis equator) bidang ini mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 07.00-13.00, kemudian sama sekali tidak terbayangi hingga 17.00.
- 2) Sedangkan pada tanggal 22 Juni (posisi matahari di atas equator) bidang ini terbayangi 100% sepanjang hari.
- 3) Tidak lain halnya pada posisi matahari tanggal 23 September (matahari kembali tepat di garis equator) bidang ini mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 07.00-12.00, kemudian sama sekali tidak terbayangi hingga 17.00..
- 4) Pada 22 Desember pembayangan 100% terjadi pada pukul 06.00-12.00, kemudian persentase pembayangan menurun hingga 19% pada pukul 13.00 dan selanjutnya hingga pukul 17.00 tidak terbayangi sama sekali.

5.2.2 Fasade Barat Laut

5.2.2.1 SC-07 (Lantai 9)

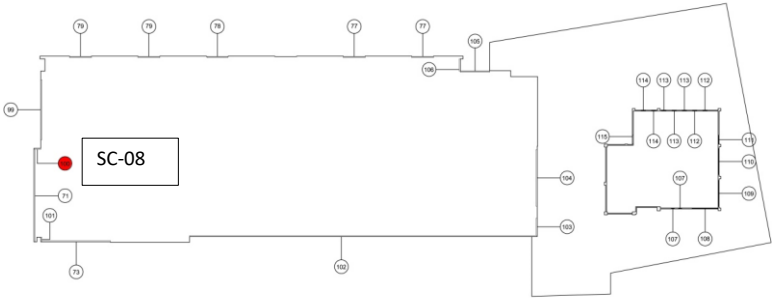
SCeff	ORIENTASI BARAT LAUT				
Date:21st March	Date:22nd June				
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	28		28	28
07.00	0.0	60	100%	60	60
08.00	0.0	85	100%	85	85
09.00	0.0	104	100%	104	104
10.00	0.0	123	100%	123	123
11.00	0.0	133	100%	133	133
12.00	31.0	136	100%	136	167
13.00	154.0	136	2%	286.92	290
14.00	278.0	126	0%	404	404
15.00	336.0	106	0%	442	442
16.00	293.0	76	0%	369	369
17.00	94.0	23	0%	117	117
18.00	0.0	0	0%	0	0
				2287.92	2322
SC-day				0.99	
Date:23rdSeptember	Date:22ndDecember				
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	28	100%	28	28
07.00	0.0	60	100%	60	60
08.00	0.0	85	100%	85	85
09.00	0.0	104	100%	104	104
10.00	0.0	123	100%	123	123
11.00	0.0	133	100%	133	133
12.00	31.0	136	100%	136	167
13.00	154.0	136	0%	290	290
14.00	278.0	126	0%	404	404
15.00	336.0	106	0%	442	442
16.00	293.0	76	0%	369	369
17.00	94.0	23	0%	117	117
18.00	0.0	0	0%	0	0
				2291	2322
SC-day				0.99	
SC-annual	0.77				



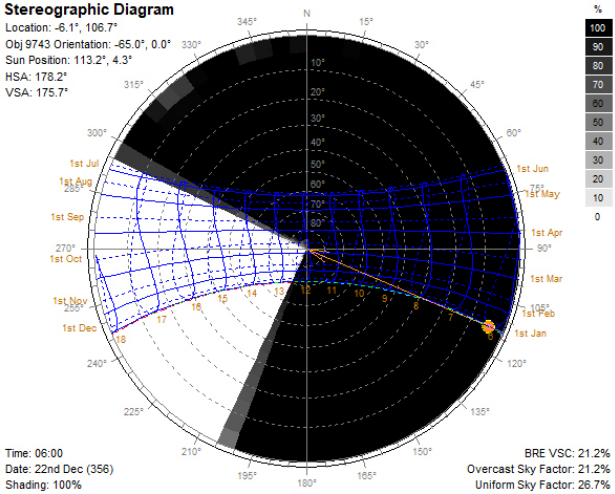
Gambar 5.14
Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-07

5.2.2.2 SC-08 (Lantai 10)

SCeff	ORIENTASI BARAT LAUT										
Date:21st March			Date:22nd June								
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	23	100%	23	23
07.00	0.0	60		60	60	700	0.0	53		53	53
08.00	0.0	85		85	85	800	0.0	76		76	76
09.00	0.0	104		104	104	900	0.0	93		93	93
10.00	0.0	123		123	123	1000	29.0	116		116	145
11.00	0.0	133	100%	133	133	1100	98.0	110	100%	110	208
12.00	31.0	136	100%	136	167	1200	216.0	141	100%	141	357
13.00	154.0	136	1%	288.46	290	1300	345.0	141	100%	141	486
14.00	278.0	126	0%	404	404	1400	435.0	133	100%	133	568
15.00	336.0	106	0%	442	442	1500	462.0	116	100%	116	578
16.00	293.0	76	0%	369	369	1600	387.0	86	79%	167.27	473
17.00	94.0	23	0%	117	117	1700	159.0	33	77%	69.57	192
18.00	0.0	0	0%	0	0	1800	0.0	0		0	0
				2289.46	2322					1238.84	3252.0
SC-day					0.99	SC-day					0.38
Date:23rdSeptember			Date:22ndDecember								
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	20	100%	20	20
07.00	0.0	60	100%	60	60	700	0.0	50	100%	50	50
08.00	0.0	85	100%	85	85	800	0.0	73	100%	73	73
09.00	0.0	104	100%	104	104	900	0.0	93	100%	93	93
10.00	0.0	123	100%	123	123	1000	0.0	108	100%	108	108
11.00	0.0	133	100%	133	133	1100	0.0	116	100%	116	116
12.00	31.0	136	100%	136	167	1200	0.0	116	100%	116	116
13.00	154.0	136	0%	290	290	1300	0.0	109	0%	109	109
14.00	278.0	126	0%	404	404	1400	28.0	98	0%	126	126
15.00	336.0	106	0%	442	442	1500	87.0	83	0%	170	170
16.00	293.0	76	0%	369	369	1600	111.0	63	0%	174	174
17.00	94.0	23	0%	117	117	1700	52.0	20	0%	72	72
18.00	0.0	0		0	0	1800	0.0	0	0%	0	0
				2291	2322					1227	1227
SC-day					0.99	SC-day					1.00
SC-annual	0.77										



LANTAI 10 & 11

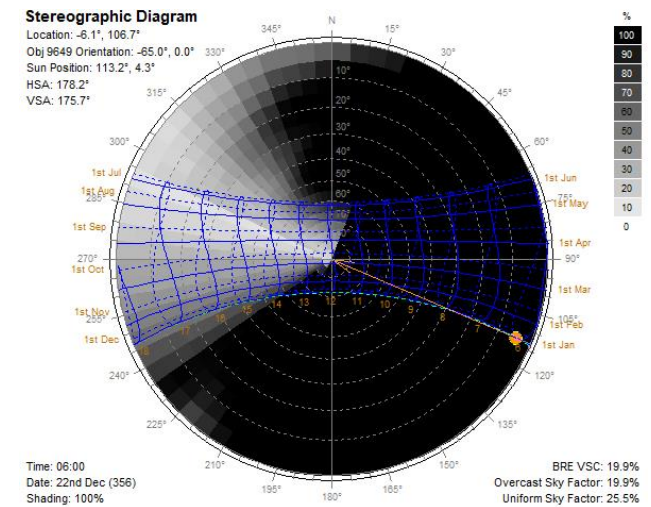
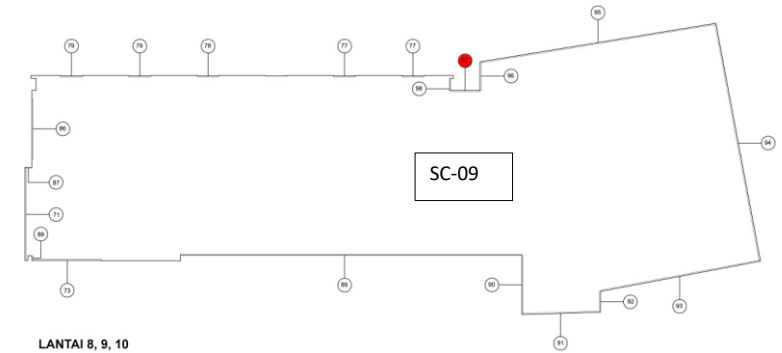


Gambar 5.15

Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-08

5.2.2.3 SC-09 (Lantai 9-10)

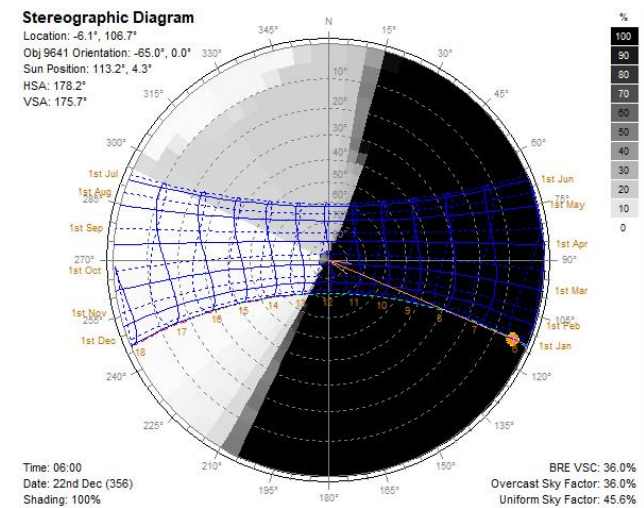
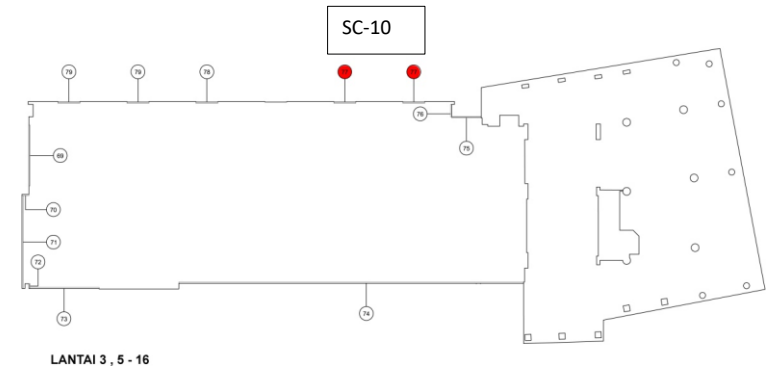
SCeff	ORIENTASI		BARAT LAUT										
Date:21st March			Date:22nd June										
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE				
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	23	100%	23	23		
07.00	0.0	60		60	60	700	0.0	53		53	53		
08.00	0.0	85		85	85	800	0.0	76		76	76		
09.00	0.0	104		104	104	900	0.0	93		93	93		
10.00	0.0	123		123	123	1000	29.0	116		116	145		
11.00	0.0	133		133	133	1100	98.0	110		110	208		
12.00	31.0	136		29%	158.01	167	1200	216.0		141	80%	184.2	357
13.00	154.0	136		11%	273.06	290	1300	345.0		141	69%	247.95	486
14.00	278.0	126		23%	340.06	404	1400	435.0		133	45%	372.25	568
15.00	336.0	106	23%	364.72	442	1500	462.0	116	25%	462.5	578		
16.00	293.0	76	26%	292.82	369	1600	387.0	86	23%	383.99	473		
17.00	94.0	23	27%	91.62	117	1700	159.0	33	19%	161.79	192		
18.00	0.0	0	27%	0	0	1800	0.0	0		0	0		
				2053.29	2322					2283.68	3252.0		
SC-day					0.88	SC-day					0.70		
Date:23rdSeptember			Date:22ndDecember			Date:22ndDecember							
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE				
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	20	100%	20	20		
07.00	0.0	60	100%	60	60	700	0.0	50	100%	50	50		
08.00	0.0	85	100%	85	85	800	0.0	73	100%	73	73		
09.00	0.0	104	100%	104	104	900	0.0	93	100%	93	93		
10.00	0.0	123	100%	123	123	1000	0.0	108	100%	108	108		
11.00	0.0	133	100%	133	133	1100	0.0	116	100%	116	116		
12.00	31.0	136	23%	159.87	167	1200	0.0	116	100%	116	116		
13.00	154.0	136	14%	268.44	290	1300	0.0	109	100%	109	109		
14.00	278.0	126	23%	340.06	404	1400	28.0	98	79%	103.88	126		
15.00	336.0	106	23%	364.72	442	1500	87.0	83	67%	111.71	170		
16.00	293.0	76	26%	292.82	369	1600	111.0	63	56%	111.84	174		
17.00	94.0	23	27%	91.62	117	1700	52.0	20	55%	43.4	72		
18.00	0.0	0		0	0	1800	0.0	0	56%	0	0		
				2050.53	2322					1055.83	1227		
SC-day					0.88	SC-day					0.86		
SC-annual	0.82												



Gambar 5.16
Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-09

5.2.2.4 SC-10 (Lantai 9-10)

SCeff	ORIENTASI		BARAT LAUT										
Date:21st March						Date:22nd June							
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE				
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	23	100%	23	23		
07.00	0.0	60		60	60	700	0.0	53		53	53		
08.00	0.0	85		85	85	800	0.0	76		76	76		
09.00	0.0	104		104	104	900	0.0	93		93	93		
10.00	0.0	123		123	123	1000	29.0	116		116	145		
11.00	0.0	133		133	133	1100	98.0	110		110	208		
12.00	31.0	136		21%	160.49	167	1200	216.0		141	18%	318.12	357
13.00	154.0	136		0%	290	290	1300	345.0		141	18%	423.9	486
14.00	278.0	126	0%	404	404	1400	435.0	133	16%	498.4	568		
15.00	336.0	106	0%	442	442	1500	462.0	116	16%	504.08	578		
16.00	293.0	76	0%	369	369	1600	387.0	86	15%	414.95	473		
17.00	94.0	23	0%	117	117	1700	159.0	33	15%	168.15	192		
18.00	0.0	0	0%	0	0	1800	0.0	0		0	0		
				2315.49	2322					2798.6	3252.0		
SC-day					1.00	SC-day					0.86		
Date:23rdSeptember						Date:22ndDecember							
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE				
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	20	100%	20	20		
07.00	0.0	60	100%	60	60	700	0.0	50	100%	50	50		
08.00	0.0	85	100%	85	85	800	0.0	73	100%	73	73		
09.00	0.0	104	100%	104	104	900	0.0	93	100%	93	93		
10.00	0.0	123	100%	123	123	1000	0.0	108	100%	108	108		
11.00	0.0	133	100%	133	133	1100	0.0	116	100%	116	116		
12.00	31.0	136	18%	161.42	167	1200	0.0	116	100%	116	116		
13.00	154.0	136	0%	290	290	1300	0.0	109	5%	109	109		
14.00	278.0	126	0%	404	404	1400	28.0	98	1%	125.72	126		
15.00	336.0	106	0%	442	442	1500	87.0	83	1%	169.13	170		
16.00	293.0	76	0%	369	369	1600	111.0	63	1%	172.89	174		
17.00	94.0	23	0%	117	117	1700	52.0	20	1%	71.48	72		
18.00	0.0	0		0	0	1800	0.0	0	1%	0	0		
				2316.42	2322					1224.22	1227		
SC-day					1.00	SC-day					1.00		
SC-annual	0.95												

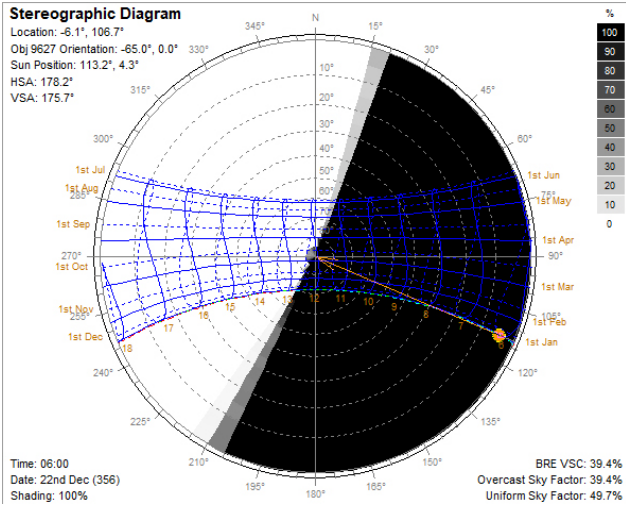
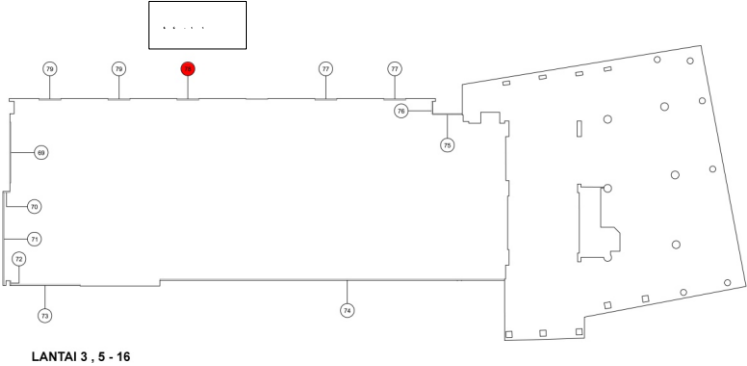


Gambar 5.17

Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-10

5.2.2.5 SC-11 (Lantai 9-10)

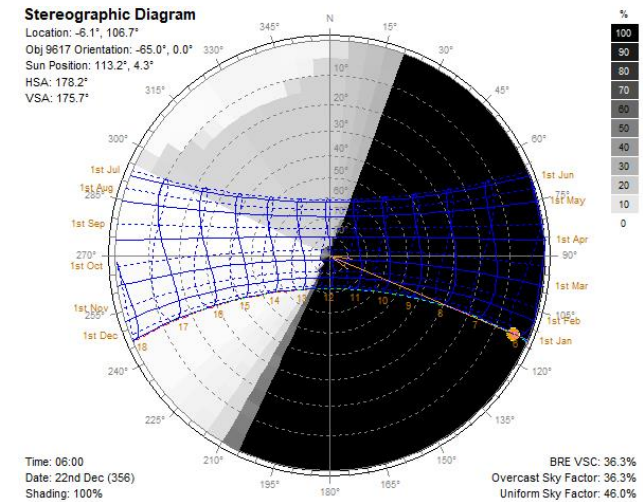
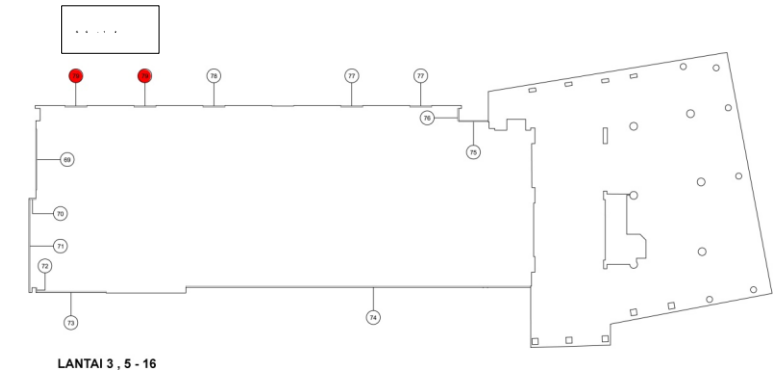
SCeff	ORIENTASI		BARAT LAUT								
Date:21st March			Date:22nd June								
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	23	100%	23	23
07.00	0.0	60		60	60	700	0.0	53		53	53
08.00	0.0	85		85	85	800	0.0	76		76	76
09.00	0.0	104		104	104	900	0.0	93		93	93
10.00	0.0	123	100%	123	123	1000	29.0	116	100%	116	145
11.00	0.0	133	100%	133	133	1100	98.0	110	100%	110	208
12.00	31.0	136	1%	166.69	167	1200	216.0	141	0%	357	357
13.00	154.0	136	0%	290	290	1300	345.0	141	0%	486	486
14.00	278.0	126	0%	404	404	1400	435.0	133	0%	568	568
15.00	336.0	106	0%	442	442	1500	462.0	116	0%	578	578
16.00	293.0	76	0%	369	369	1600	387.0	86	0%	473	473
17.00	94.0	23	0%	117	117	1700	159.0	33	0%	192	192
18.00	0.0	0	0%	0	0	1800	0.0	0		0	0
				2321.69	2322					3125	3252.0
SC-day					1.00	SC-day					0.96
Date:23rdSeptember						Date:22ndDecember					
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	20	100%	20	20
07.00	0.0	60	100%	60	60	700	0.0	50	100%	50	50
08.00	0.0	85	100%	85	85	800	0.0	73	100%	73	73
09.00	0.0	104	100%	104	104	900	0.0	93	100%	93	93
10.00	0.0	123	100%	123	123	1000	0.0	108	100%	108	108
11.00	0.0	133	100%	133	133	1100	0.0	116	100%	116	116
12.00	31.0	136	0%	167	167	1200	0.0	116	100%	116	116
13.00	154.0	136	0%	290	290	1300	0.0	109	0%	109	109
14.00	278.0	126	0%	404	404	1400	28.0	98	0%	126	126
15.00	336.0	106	0%	442	442	1500	87.0	83	0%	170	170
16.00	293.0	76	0%	369	369	1600	111.0	63	0%	174	174
17.00	94.0	23	0%	117	117	1700	52.0	20	0%	72	72
18.00	0.0	0		0	0	1800	0.0	0	0%	0	0
				2322	2322					1227	1227
SC-day					1.00	SC-day					1.00
SC-annual	0.99										



Gambar 5.18
Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-11

5.2.2.6 SC-12 (Lantai 9-10)

SCeff		ORIENTASI BARAT LAUT			
Date:21st March		Date:22nd June			
HOOR	ID (W/m2)	Id (W/m2)	SOLAR SHADE	Q	ID+Id
06.00	0.0	28		28	28
07.00	0.0	60	100%	60	60
08.00	0.0	85	100%	85	85
09.00	0.0	104	100%	104	104
10.00	0.0	123	100%	123	123
11.00	0.0	133	100%	133	133
12.00	31.0	136	21%	160.49	167
13.00	154.0	136	0%	290	290
14.00	278.0	126	0%	404	404
15.00	336.0	106	0%	442	442
16.00	293.0	76	0%	369	369
17.00	94.0	23	0%	117	117
18.00	0.0	0	0%	0	0
				2315.49	2322
SC-day					1.00
Date:23rdSeptember		Date:22ndDecember			
HOOR	ID (W/m2)	Id (W/m2)	SOLAR SHADE	Q	ID+Id
06.00	0.0	28	100%	28	28
07.00	0.0	60	100%	60	60
08.00	0.0	85	100%	85	85
09.00	0.0	104	100%	104	104
10.00	0.0	123	100%	123	123
11.00	0.0	133	100%	133	133
12.00	31.0	136	18%	161.42	167
13.00	154.0	136	0%	290	290
14.00	278.0	126	0%	404	404
15.00	336.0	106	0%	442	442
16.00	293.0	76	0%	369	369
17.00	94.0	23	0%	117	117
18.00	0.0	0		0	0
				2316.42	2322
SC-day					1.00
SC-annual	0.95				



Gambar 5.19
Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-12

Kondisi yang berbeda terjadi pada fenetrasi yang menghadap Barat Laut. Dapat dilihat pada gambar 5.2.2.1 dan 5.2.2.2 bidang SC-07 dan SC-08 merupakan bidang sempit yang bersikuan dengan bidang Barat Daya. Sehingga akan muncul kondisi sebagai berikut :

- 1) Pada posisi matahari tanggal 21 Maret bidang ini mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 07.00-12.00, kemudian beranjak tak terbayangi di pukul 13.00 (2%) dan sama sekali tidak terbayangi hingga 17.00.
- 2) Sedangkan pada tanggal 22 Juni bidang ini terbayangi 100% hampir sepanjang hari, dan berkurang hingga 79-77% di pukul 17.00.
- 3) Tidak lain halnya dengan poin 1, pada posisi matahari tanggal 23 September bidang ini mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 07.00-12.00, kemudian sama sekali tidak terbayangi hingga 17.00.
- 4) Pada 22 Desember pembayangan 100% terjadi pada pukul 06.00-12.00, kemudian sama sekali tidak terbayangi hingga 17.00.

Seperti pada gambar 5.2.2.3, SC-09 bersikuan dengan sisi Barat Daya dan Timur Laut, memiliki potensi besar terbayangi oleh sisi-sisi tersebut.

- 1) Pada posisi matahari tanggal 21 Maret bidang ini mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 07.00-11.00, kemudian mengalami variasi pembayangan dari pukul 12.00 (29%), pukul 13.00 (11%), pukul 14.00-15.00 (23%) dan 16.00 hingga 17.00 (26-27%).
- 2) Sedangkan pada tanggal 22 Juni bidang ini terbayangi 100% dari pukul 07.00 - 11.00, 80% di pukul 12.00, berkurang menjadi 69% hingga 19% dari pukul 13.00 hingga pukul 17.00.
- 3) Tidak lain halnya dengan poin 1, pada posisi matahari tanggal 23 September bidang ini mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 07.00-11.00, kemudian mengalami variasi pembayangan dari pukul

12.00 (23%), pukul 13.00 (14%), pukul 14.00-15.00 (23%) dan 16.00 hingga 17.00 (26-27%).

- 4) Pada 22 Desember pembayangan 100% terjadi pada pukul 06.00-13.00, kemudian 79% pada 14.00, semakin berkurang hingga pukul 17.00 (79%,67%,56%,55%).

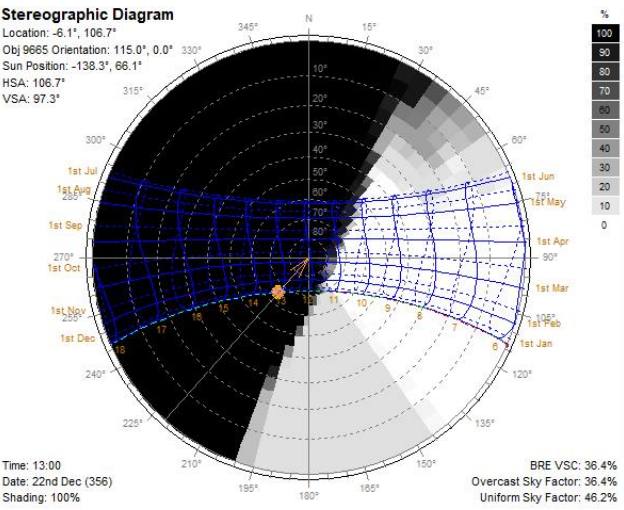
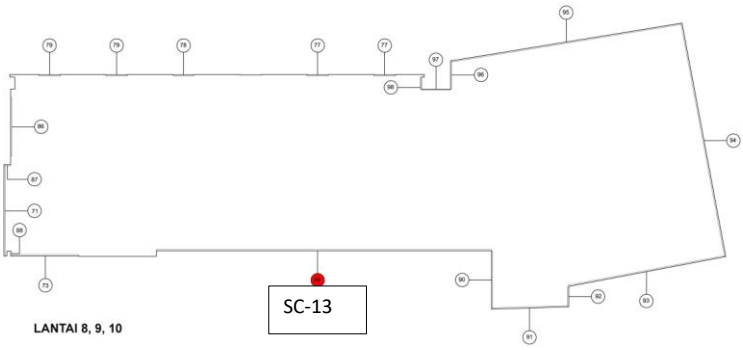
Posisi SC-10, SC-11, dan SC-12 berada di bidang terluas dari bangunan yang frontal menghadap Barat Laut. Sehingga kondisi yang terjadi :

- 1) Pada posisi matahari tanggal 21 Maret bidang ini mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 07.00-11.00, kemudian berkurang di pukul 12.00 (21%), dan selanjutnya tidak terbayangi sama sekali sampai pukul 17.00
- 2) Sedangkan pada tanggal 22 Juni bidang ini terbayangi 100% dari pukul 07.00 - 11.00, dan signifikan berkurang menjadi 18%-15% di pukul 12.00 hingga 17.00.
- 3) Tidak lain halnya dengan poin 1, pada posisi matahari tanggal 23 September bidang ini mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 07.00-11.00, kemudian berkurang di pukul 12.00 (18%), dan selanjutnya tidak terbayangi sama sekali sampai pukul 17.00
- 4) Pada 22 Desember pembayangan 100% terjadi pada pukul 06.00-12.00, dan signifikan berkurang menjadi 5%-1% di pukul 13.00 hingga 17.00.

5.2.3 Fasade Tenggara

5.2.3.1 SC-13 (Lantai 9-10)

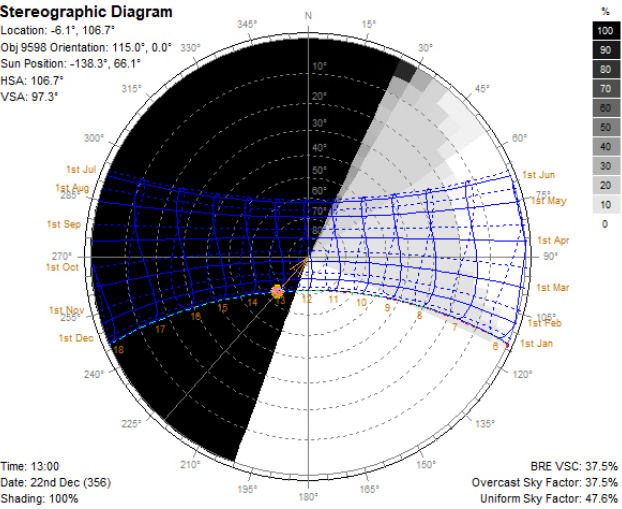
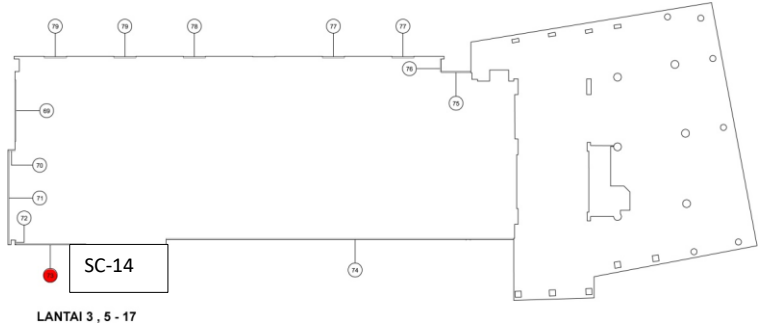
SCeff	ORIENTASI TENGGARA										
Date:21st March						Date:22nd June					
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	0		0	0	600	0.0	0		0	0
07.00	94.0	23	0%	117	117	700	53.0	23	9%	71.23	76
08.00	321.0	48	0%	369	369	800	114.0	63	12%	163.32	177
09.00	382.0	76	0%	458	458	900	97.0	86	0%	183	183
10.00	325.0	98	0%	423	423	1000	38.0	98	2%	135.24	136
11.00	180.0	136	60%	208	316	1100	0.0	106	100%	106	106
12.00	47.0	139	100%	139	186	1200	0.0	116	100%	116	116
13.00	0.0	133	100%	133	133	1300	0.0	116	100%	116	116
14.00	0.0	123	100%	123	123	1400	0.0	109	100%	109	109
15.00	0.0	104	100%	104	104	1500	0.0	93	100%	93	93
16.00	0.0	85	100%	85	85	1600	0.0	76	100%	76	76
17.00	0.0	60	100%	60	60	1700	0.0	53	100%	53	53
18.00	0.0	28	100%	28	28	1800	0.0	23		23	23
				2247	2402					1244.79	1264.0
SC-day					0.94	SC-day					0.98
Date:23rdSeptember						Date:22ndDecember					
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	0	0%	0	0	600	0.0	0	0%	0	0
07.00	94.0	23	0%	117	117	700	162.0	30	0%	192	192
08.00	321.0	48	0%	369	369	800	417.0	88	0%	505	505
09.00	382.0	76	0%	458	458	900	496.0	119	0%	615	615
10.00	325.0	98	0%	423	423	1000	470.0	136	0%	606	606
11.00	180.0	136	94%	146.8	316	1100	389.0	146	12%	488.32	535
12.00	47.0	139	100%	139	186	1200	144.0	144	99%	145.44	288
13.00	0.0	133	100%	133	133	1300	99.0	131	100%	131	230
14.00	0.0	123	100%	123	123	1400	9.0	111	100%	111	120
15.00	0.0	104	100%	104	104	1500	0.0	93	100%	93	93
16.00	0.0	85	100%	85	85	1600	0.0	73	100%	73	73
17.00	0.0	60	100%	60	60	1700	0.0	50	100%	50	50
18.00	0.0	28		28	28	1800	0.0	20	100%	20	20
				2185.8	2402					3029.76	3327
SC-day					0.91	SC-day					0.91
SC-annual	0.93										



Gambar 5.20
Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-13

5.2.3.2 SC-14 (Lantai 9-10)

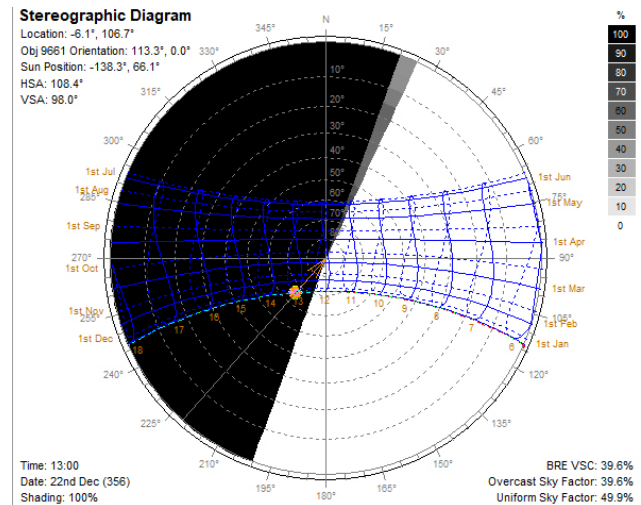
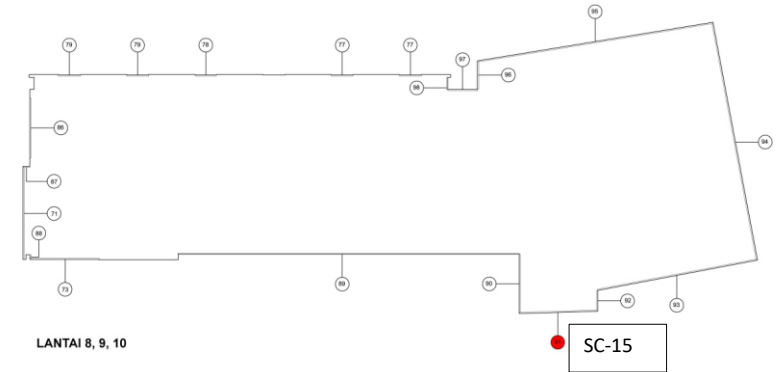
SCeff	ORIENTASI		TENGGERA										
Date:21st March			Date:22nd June										
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE				
600	0.0	0	0%	0	0	600	0.0	0	0%	0	0		
700	94.0	23		117	117	700	53.0	23		76	76		
800	321.0	48		11%	333.69	369	800	114.0		63	11%	164.46	177
900	382.0	76		11%	415.98	458	900	97.0		86	16%	167.48	183
1000	325.0	98		11%	387.25	423	1000	38.0		98	16%	129.92	136
1100	180.0	136		11%	296.2	316	1100	0.0		106	100%	106	106
1200	47.0	139		100%	139	186	1200	0.0		116	100%	116	116
1300	0.0	133		100%	133	133	1300	0.0		116	100%	116	116
1400	0.0	123		100%	123	123	1400	0.0		109	100%	109	109
1500	0.0	104		100%	104	104	1500	0.0		93	100%	93	93
1600	0.0	85	100%	85	85	1600	0.0	76	100%	76	76		
1700	0.0	60	100%	60	60	1700	0.0	53	100%	53	53		
1800	0.0	28	100%	28	28	1800	0.0	23		23	23		
				2222.12	2402					1229.86	1264.0		
SC-day					0.93	SC-day					0.97		
Date:23rdSeptember			Date:22ndDecember										
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE				
600	0.0	0	0%	0	0	600	0.0	0	5%	0	0		
700	94.0	23	5%	112.3	117	700	162.0	30	11%	174.18	192		
800	321.0	48	11%	333.69	369	800	417.0	88	11%	459.13	505		
900	382.0	76	11%	415.98	458	900	496.0	119	0%	615	615		
1000	325.0	98	11%	387.25	423	1000	470.0	136	0%	606	606		
1100	180.0	136	11%	296.2	316	1100	389.0	146	0%	535	535		
1200	47.0	139	100%	139	186	1200	144.0	144	0%	288	288		
1300	0.0	133	100%	133	133	1300	99.0	131	100%	131	230		
1400	0.0	123	100%	123	123	1400	9.0	111	100%	111	120		
1500	0.0	104	100%	104	104	1500	0.0	93	100%	93	93		
1600	0.0	85	100%	85	85	1600	0.0	73	100%	73	73		
1700	0.0	60	100%	60	60	1700	0.0	50	100%	50	50		
1800	0.0	28		28	28	1800	0.0	20	100%	20	20		
				2217.42	2402					3155.31	3327		
SC-day					0.92	SC-day					0.95		
SC-annual	0.94												



Gambar 5.21
Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-14

5.2.3.3 SC-15 (Lantai 9-10)

SCeff		ORIENTASI		TENGGAHA	
Date:21st March				Date:22nd June	
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	0		0	0
07.00	94.0	23	0%	117	117
08.00	321.0	48	0%	369	369
09.00	382.0	76	0%	458	458
10.00	325.0	98	0%	423	423
11.00	180.0	136	0%	316	316
12.00	47.0	139	100%	139	186
13.00	0.0	133	100%	133	133
14.00	0.0	123	100%	123	123
15.00	0.0	104	100%	104	104
16.00	0.0	85	100%	85	85
17.00	0.0	60	100%	60	60
18.00	0.0	28	100%	28	28
				2355	2402
SC-day					0.98
Date:23rdSeptember				Date:22ndDecember	
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	0	0%	0	0
07.00	94.0	23	0%	117	117
08.00	321.0	48	0%	369	369
09.00	382.0	76	0%	458	458
10.00	325.0	98	0%	423	423
11.00	180.0	136	0%	316	316
12.00	47.0	139	100%	139	186
13.00	0.0	133	100%	133	133
14.00	0.0	123	100%	123	123
15.00	0.0	104	100%	104	104
16.00	0.0	85	100%	85	85
17.00	0.0	60	100%	60	60
18.00	0.0	28	100%	28	28
				2355	2402
SC-day					0.98
SC-annual		0.98			



Gambar 5.22
Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-15

Pada bidang SC-13 dan SC-14 adalah fenetrasi yang berada di bidang terluas bangunan yang menghadap Tenggara. Memiliki kondisi yang bertolak belakang dengan bidang yang menghadap Barat Laut, sebagai berikut :

1. Pada posisi matahari tanggal 21 Maret bidang ini tidak terbayangi sama sekali pada pukul 07.00 (0%) lalu berangsur terbayangi sebesar 11% dari pukul 08.00 hingga 11.00 dan mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 12.00-17.00.
2. Sedangkan pada tanggal 22 Juni bidang ini tidak terbayangi sama sekali pada pukul 07.00 (0%) lalu berangsur terbayangi sebesar 11%-16% dari pukul 08.00 hingga 10.00 dan mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 11.00-17.00.
3. Tidak lain halnya dengan poin 1, pada posisi matahari tanggal 23 September bidang ini terbayangi 5% pada pukul 07.00 lalu berangsur terbayangi sebesar 11% dari pukul 08.00 hingga 11.00 dan mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 12.00-17.00.
4. Pada 22 Desember bidang terbayangi 11% pada pukul 07.00 dan 08.00 lalu sama sekali tidak terbayangi dari pukul 09.00 hingga 12.00 dan mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 13.00-17.00.

Walaupun pada posisi yang sama, namun kondisi pembayangan pada bidang SC-15 berbeda dengan SC-13 dan SC-14.

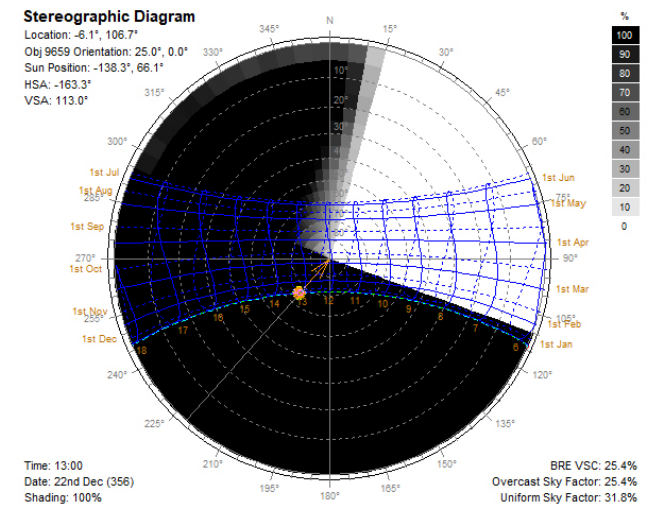
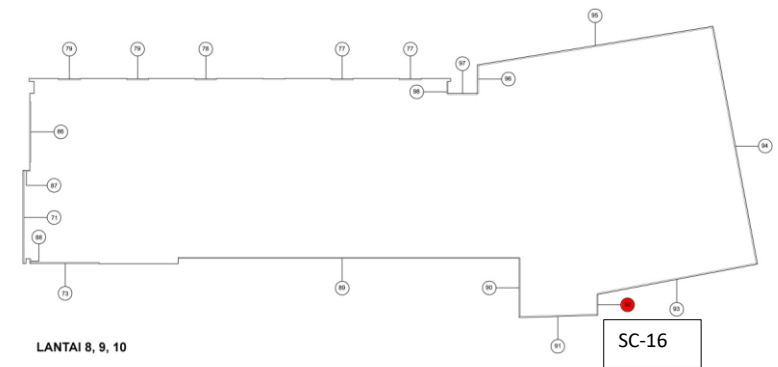
1. Pada posisi matahari tanggal 21 Maret bidang ini tidak terbayangi sama sekali pada pukul 07.00 hingga 11.00 (0%) lalu mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 12.00-17.00.
2. Sedangkan pada tanggal 22 Juni bidang ini tidak terbayangi sama sekali pada pukul 07.00 hingga 10.00 (0%) lalu berangsur terbayangi sebesar 71% pada pukul 08.00 hingga 11.00 dan mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 12.00-17.00.
3. Tidak lain halnya dengan poin 1, pada posisi matahari tanggal 23 September bidang ini tidak terbayangi sama sekali pada pukul

07.00 hingga 11.00 (0%) lalu mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 12.00-17.00.

4. Kondisi yang sama terjadi pada 22 Desember. Bidang ini tidak terbayangi sama sekali pada pukul 07.00 bahkan hingga 12.00 (0%) lalu mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 13.00-17.00.

5.2.4 Fasade Timur Laut

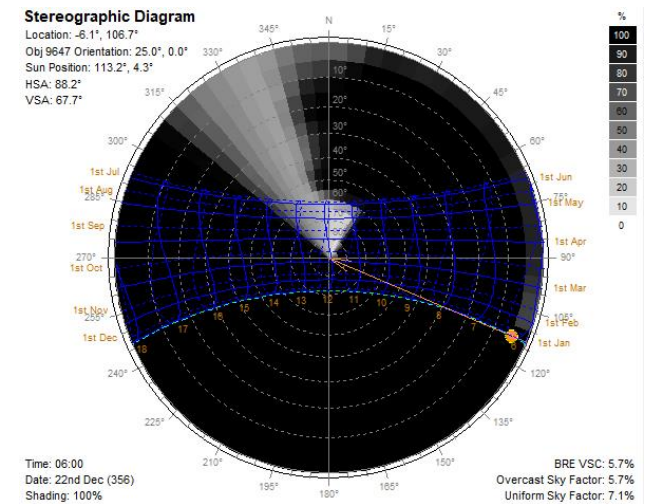
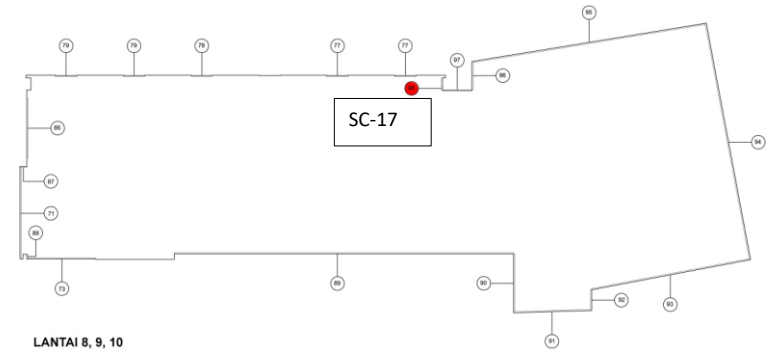
5.2.4.1 SC-16 (Lantai 9-10)

[illegible]

Gambar 5.23
Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-16

5.2.4.2 SC-17 (Lantai 9-10)

SCeff	ORIENTASI		TIMUR LAUT										
Date:21st March			Date:22nd June										
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE				
06.00	0.0	0	100%	0	0	600	0.0	0	100%	0	0		
07.00	94.0	23		23	117	700	159.0	33		33	192		
08.00	293.0	76		76	369	800	387.0	86		86	473		
09.00	336.0	106		106	442	900	462.0	116		116	578		
10.00	278.0	126		126	404	1000	435.0	133		133	568		
11.00	154.0	136		136	290	1100	345.0	141		94%	161.7	486	
12.00	31.0	136		19%	161.11	167	1200	216.0		141	27%	298.68	357
13.00	0.0	133		100%	133	133	1300	98.0		110	40%	168.8	208
14.00	0.0	123		100%	123	123	1400	29.0		116	64%	126.44	145
15.00	0.0	104		100%	104	104	1500	0.0		93	100%	93	93
16.00	0.0	85		100%	85	85	1600	0.0		76	100%	76	76
17.00	0.0	60		100%	60	60	1700	0.0		53	100%	53	53
18.00	0.0	28	100%	28	28	1800	0.0	23		23	23		
				1161.11	2322					1368.62	3252.0		
SC-day					0.50	SC-day					0.42		
Date:23rdSeptember			Date:22ndDecember			Date:22ndDecember							
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE				
06.00	0.0	0	86%	0	0	600	0.0	0	100%	0	0		
07.00	94.0	23	100%	23	117	700	52.0	20	100%	20	72		
08.00	293.0	76	100%	76	369	800	111.0	63	100%	63	174		
09.00	336.0	106	100%	106	442	900	87.0	83	100%	83	170		
10.00	278.0	126	100%	126	404	1000	28.0	98	100%	98	126		
11.00	154.0	136	100%	136	290	1100	0.0	109	100%	109	109		
12.00	31.0	136	40%	154.6	167	1200	0.0	116	100%	116	116		
13.00	0.0	133	100%	133	133	1300	0.0	116	100%	116	116		
14.00	0.0	123	100%	123	123	1400	0.0	108	100%	108	108		
15.00	0.0	104	100%	104	104	1500	0.0	93	100%	93	93		
16.00	0.0	85	100%	85	85	1600	0.0	73	100%	73	73		
17.00	0.0	60	100%	60	60	1700	0.0	50	100%	50	50		
18.00	0.0	28		28	28	1800	0.0	20	100%	20	20		
				1154.6	2322					949	1227		
SC-day					0.50	SC-day					0.77		
SC-annual	0.51												



Gambar 5.24
Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-17

Bidang fenetrasi SC-16 adalah salah satu bidang yang menghadap Timur Laut. Kondisi pembayangan yang terjadi adalah :

- 1) Pada posisi matahari tanggal 21 Maret bidang ini tidak terbayangi sama sekali pada pukul 07.00 hingga 11.00 (0%) lalu berangsur terbayangi sebesar 22% pada pukul 12.00 dan mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 13.00-17.00.
- 2) Sedangkan pada tanggal 22 Juni bidang ini tidak terbayangi sama sekali pada pukul 07.00 hingga 11.00 (0%) lalu berangsur terbayangi sebesar 48% pada pukul 12.00 dan 99% pada 13.00 kemudian mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 14.00-17.00.
- 3) Tidak lain halnya dengan poin 1, pada posisi matahari tanggal 23 September bidang ini tidak terbayangi sama sekali pada pukul 07.00 hingga 11.00 (0%) lalu berangsur terbayangi sebesar 34% pada pukul 12.00 dan mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 13.00-17.00.
- 4) Kondisi yang terjadi pada 22 Desember adalah bidang ini terbayangi 100% sepanjang hari. Begitu pula pada SC-17.

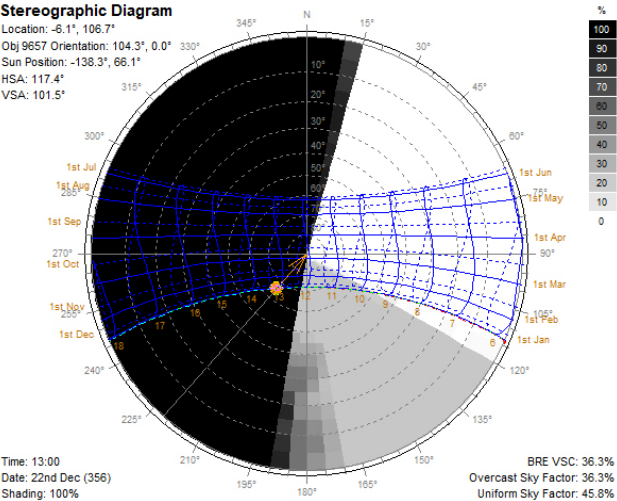
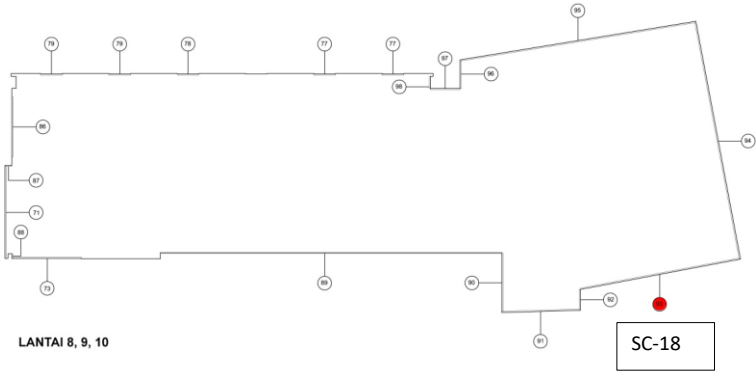
Sedangkan bidang SC-17, merupakan bidang sempit yang menghadap Timur laut, bersikuan dengan bidang yang menghadap Barat Laut. Variasi pembayangan yang terjadi :

- 1) Pada posisi matahari tanggal 21 Maret bidang ini terbayangi 100% pukul 07.00 hingga 11.00, namun berkurang menjadi 19% pada pukul 12.00 dan kembali mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 13.00-17.00.
- 2) Hal serupa terjadi pada tanggal 22 Juni bidang terbayangi 100% pukul 07.00 hingga 10.00, namun berkurang secara variatif (94%,27%,40%,64%) pukul 11.00 hingga 14.00 dan kembali mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 15.00-17.00.
- 3) Tidak lain halnya dengan poin 1, pada posisi matahari tanggal 23 September bidang ini terbayangi 100% pukul 07.00 hingga 11.00, namun berkurang menjadi 40% pada pukul 12.00 dan kembali mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 13.00-17.00.

5.2.5 Fasade Timur

5.2.5.1 SC-18 (Lantai 9-10)

SCeff	ORIENTASI					TIMUR					
Date:21st March									Date:22nd June		
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	0	0%	0	0	600	0.0	0	0%	0	0
07.00	136.0	25		161	161	700	159.0	33		192	192
08.00	429.0	88		517	517	800	374.0	83		457	457
09.00	504.0	121		625	625	900	427.0	110		537	537
10.00	435.0	139		574	574	1000	360.0	126		486	486
11.00	282.0	146		428	428	1100	213.0	131		344	344
12.00	74.0	141	100%	141	215	1200	44.0	126	100%	126	170
13.00	0.0	133	100%	133	133	1300	0.0	116	100%	116	116
14.00	0.0	123	100%	123	123	1400	0.0	109	100%	109	109
15.00	0.0	104	100%	104	104	1500	0.0	93	100%	93	93
16.00	0.0	85	100%	85	85	1600	0.0	76	100%	76	76
17.00	0.0	60	100%	60	60	1700	0.0	53	100%	53	53
18.00	0.0	28	100%	28	28	1800	0.0	23		23	23
				2979	3053					2612	2656.0
SC-day					0.98	SC-day					0.98
Date:23rdSeptember									Date:22ndDecember		
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	0	0%	0	0	600	0.0	0	0%	0	0
07.00	136.0	25		161	161	700	159.0	30		189	189
08.00	429.0	88		517	517	800	394.0	86		480	480
09.00	504.0	121		625	625	900	445.0	114		559	559
10.00	435.0	139		574	574	1000	373.0	129		419.94	502
11.00	282.0	146		428	428	1100	216.0	134		302.48	350
12.00	74.0	141	100%	141	215	1200	41.0	126	22%	157.98	167
13.00	0.0	133	100%	133	133	1300	0.0	116	100%	116	116
14.00	0.0	123	100%	123	123	1400	0.0	108	100%	108	108
15.00	0.0	104	100%	104	104	1500	0.0	93	100%	93	93
16.00	0.0	85	100%	85	85	1600	0.0	73	100%	73	73
17.00	0.0	60	100%	60	60	1700	0.0	60	100%	60	60
18.00	0.0	28		28	28	1800	0.0	20	100%	20	20
				2979	3053					2578.4	2717
SC-day					0.98	SC-day					0.95
SC-annual	0.97										



Gambar 5.25
Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-18

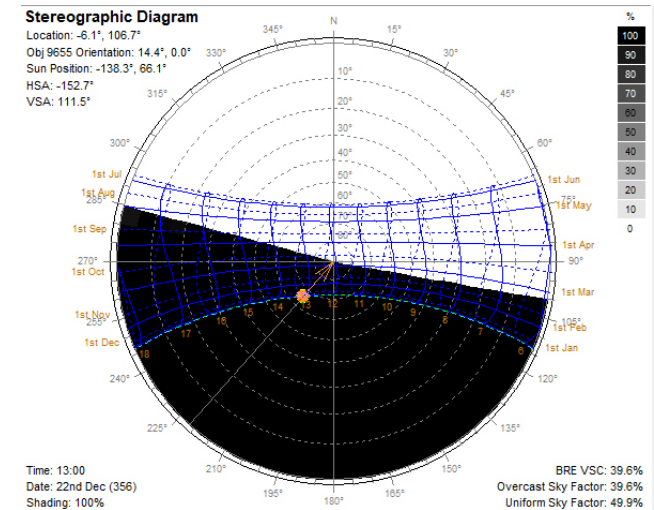
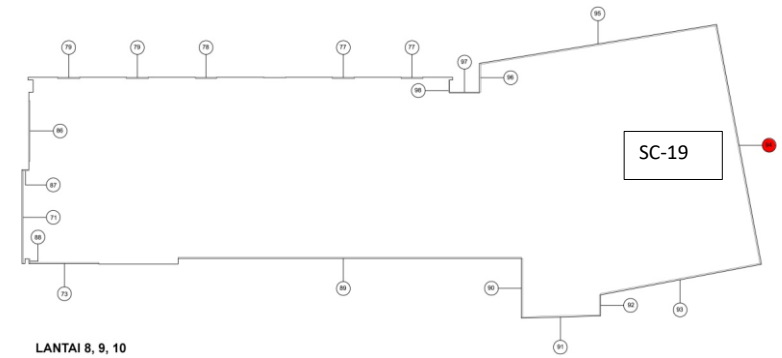
Bidang SC-18 adalah satu-satunya bidang yang menghadap arah Timur . Kondisi pembayangan yang terjadi :

- 1) Pada posisi matahari tanggal 21 Maret bidang ini tidak terbayangi sama sekali pada pukul 07.00 hingga 11.00 (0%) namun kemudian mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 12.00-17.00.
- 2) Begitu pula yang terjadi pada tanggal 22 Juni bidang ini tidak terbayangi sama sekali pada pukul 07.00 hingga 11.00 (0%) namun kemudian mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 12.00-17.00.
- 3) Kurang lebih sama dengan poin sebelumnya, pada posisi matahari tanggal 23 September bidang ini tidak terbayangi sama sekali pada pukul 07.00 hingga 11.00 (0%) namun kemudian mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 12.00-17.00.
- 4) Kondisi berbeda terjadi pada 22 Desember dimana bidang ini tidak terbayangi sama sekali pada pukul 07.00 hingga 09.00 (0%) lalu berangsur terbayangi sebesar 22% pada 10.00 – 12.00 dan kemudian mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 13.00-17.00.

5.2.6 Fasade Utara

5.2.6.1 SC-19 (Lantai 9-10)

SCeff	ORIENTASI		UTARA										
Date:21st March			Date:22nd June										
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		
HOURL	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOURL	(W/m2)	(W/m2)	SHADE				
06.00	0.0	0	0%	0	0	600	0.0	0	0%	0	0		
07.00	0.0	13		13	13	700	60.0	25		85	85		
08.00	0.0	48		48	48	800	145.0	63		208	208		
09.00	0.0	76		76	76	900	187.0	91		278	278		
10.00	0.0	98		98	98	1000	208.0	114		322	322		
11.00	0.0	118		118	118	1100	219.0	131		350	350		
12.00	0.0	129		129	129	1200	222.0	141		363	363		
13.00	0.0	133		133	133	1300	225.0	141		366	366		
14.00	0.0	123		100%	123	123	1400	219.0		134	0%	353	353
15.00	0.0	104	100%	104	104	1500	209.0	119	0%	328	328		
16.00	0.0	85	100%	85	85	1600	195.0	98	0%	293	293		
17.00	0.0	60	100%	60	60	1700	156.0	71	0%	227	227		
18.00	0.0	28	100%	28	28	1800	81.0	33		114	114		
				1015	1015					3287	3287.0		
SC-day					1.00	SC-day					1.00		
Date:23rdSeptember						Date:22ndDecember							
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		
HOURL	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOURL	(W/m2)	(W/m2)	SHADE				
06.00	0.0	0	0%	0	0	600	0.0	0	100%	0	0		
07.00	0.0	13		13	13	700	0.0	15		15	15		
08.00	0.0	48		48	48	800	0.0	48		48	48		
09.00	0.0	76		76	76	900	0.0	71		71	71		
10.00	0.0	98		98	98	1000	0.0	91		91	91		
11.00	0.0	118		118	118	1100	0.0	109		109	109		
12.00	0.0	129		129	129	1200	0.0	117		117	117		
13.00	0.0	133		2%	133	133	1300	0.0		116	100%	116	116
14.00	0.0	123		100%	123	123	1400	0.0		108	100%	108	108
15.00	0.0	104	100%	104	104	1500	0.0	93	100%	93	93		
16.00	0.0	85	100%	85	85	1600	0.0	73	100%	73	73		
17.00	0.0	60	100%	60	60	1700	0.0	50	100%	50	50		
18.00	0.0	28		28	28	1800	0.0	20	100%	20	20		
				1015	1015					911	911		
SC-day					1.00	SC-day					1.00		
SC-annual	1.00												



Gambar 5.26

Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-19

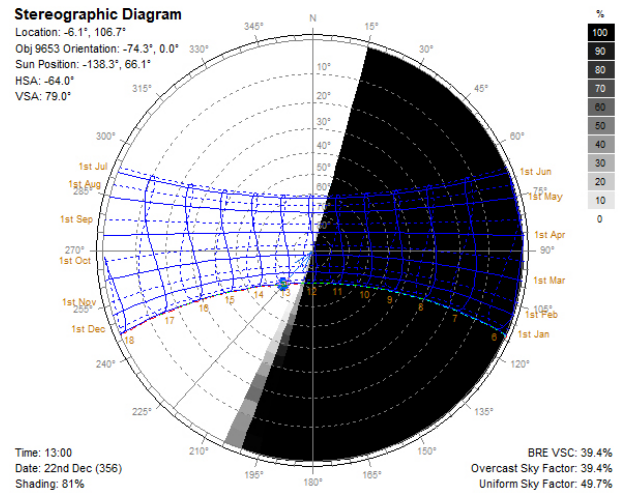
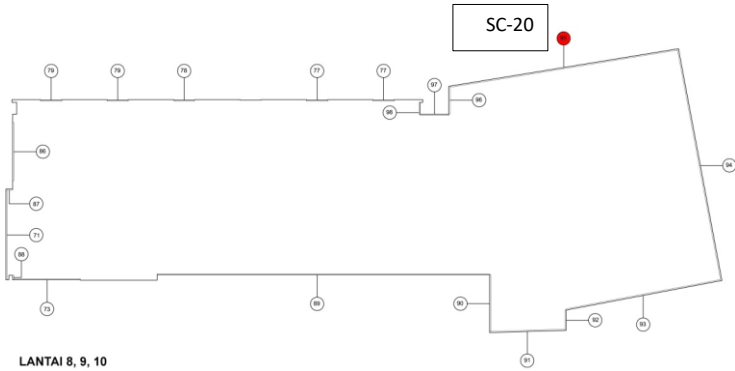
Bidang SC-19 adalah satu-satunya bidang yang menghadap arah Utara . Kondisi pembayangan yang terjadi :

- 1) Pada posisi matahari tanggal 21 Maret bidang ini tidak terbayangi sama sekali pada pukul 07.00 hingga 13.00 (0%) namun kemudian mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 14.00-17.00.
- 2) Sedangkan pada tanggal 22 Juni bidang ini tidak terbayangi sama sekali sepanjang hari
- 3) Tidak lain halnya dengan poin 1, pada posisi matahari tanggal 23 September bidang ini tidak terbayangi sama sekali pada pukul 07.00 hingga 12.00 (0%) lalu berangsur terbayangi 2% pada pukul 13.00 dan mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 14.00-17.00.
- 4) Kondisi yang terjadi pada 22 Desember adalah bidang ini terbayangi 100% sepanjang hari.

5.2.7 Fasade Barat

5.2.7.1 SC-20 (Lantai 9-10)

SCeff	ORIENTASI BARAT										
Date:21st March			Date:22nd June								
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	23	100%	23	23
07.00	0.0	60		60	60	700	0.0	53		53	53
08.00	0.0	85		85	85	800	0.0	76		76	76
09.00	0.0	104		104	104	900	0.0	93		93	93
10.00	0.0	123		123	123	1000	0.0	109		109	109
11.00	0.0	133	100%	133	133	1100	0.0	116	100%	116	116
12.00	74.0	141	0%	215	215	1200	44.0	126	0%	170	170
13.00	282.0	146	0%	428	428	1300	213.0	131	0%	344	344
14.00	435.0	139	0%	574	574	1400	360.0	126	0%	486	486
15.00	504.0	121	0%	625	625	1500	427.0	110	0%	537	537
16.00	429.0	88	0%	517	517	1600	374.0	83	0%	457	457
17.00	136.0	25	0%	161	161	1700	159.0	33	0%	192	192
18.00	0.0	0	0%	0	0	1800	0.0	0		0	0
				3053	3053					2656	2656.0
SC-day					1.00	SC-day					1.00
Date:23rdSeptember			Date:22ndDecember								
	ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id		ID	Id	SOLAR	Q	ID+Id
HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE			HOOR	(W/m2)	(W/m2)	SHADE		
06.00	0.0	28	100%	28	28	600	0.0	20	100%	20	20
07.00	0.0	60	100%	60	60	700	0.0	60	100%	60	60
08.00	0.0	85	100%	85	85	800	0.0	73	100%	73	73
09.00	0.0	104	100%	104	104	900	0.0	93	100%	93	93
10.00	0.0	123	100%	123	123	1000	0.0	108	100%	108	108
11.00	0.0	133	100%	133	133	1100	0.0	116	100%	116	116
12.00	74.0	141	0%	215	215	1200	41.0	126	100%	126	167
13.00	282.0	146	0%	428	428	1300	216.0	134	0%	350	350
14.00	435.0	139	0%	574	574	1400	373.0	129	0%	502	502
15.00	504.0	121	0%	625	625	1500	445.0	114	0%	559	559
16.00	429.0	88	0%	517	517	1600	394.0	86	0%	480	480
17.00	136.0	25	0%	161	161	1700	159.0	30	0%	189	189
18.00	0.0	0		0	0	1800	0.0	0	0%	0	0
				3053	3053					2676	2717
SC-day					1.00	SC-day					0.98
SC-annual	1.00										



Gambar 5.27
Tabel Solar Shade dan Diagram Stereographic SC-20

Bidang SC-20 adalah satu-satunya bidang yang menghadap arah Barat. Pada 4 tanggal yang berbeda, kondisi pembayangan yang terjadi relatif sama. Kondisi pembayangan yang terjadi :

- 1) Pada posisi matahari tanggal 21 Maret bidang ini mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 07.00-11.00, kemudian sama sekali tidak terbayangi hingga 17.00.
- 2) Hal yang sama terjadi pada tanggal 22 Juni. Bidang ini mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 07.00-11.00, kemudian sama sekali tidak terbayangi hingga 17.00.
- 3) Pada posisi matahari tanggal 23 September bidang ini mendapatkan pembayangan 100% dari pukul 07.00-11.00, kemudian sama sekali tidak terbayangi hingga 17.00.
- 4) Pada 22 Desember pembayangan 100% terjadi pada pukul 06.00-12.00, kemudian sama sekali tidak terbayangi hingga 17.00.

5.3. Pendataan Material Selubung Bangunan Menara Suara Merdeka

Tahapan awal yang dilakukan dalam proses kalkulasi OTTV adalah melakukan pendataan terhadap jenis material yang digunakan sebagai selubung bangunan Menara Suara Merdeka Semarang. Material dibedakan menjadi dua jenis yaitu material non transparan dan material transparan.

5.3.1. Material Non Transparan

Material non transparan atau lebih sering disebut opaque atau material solid. Pada perhitungan transfer panas secara konduksi pada selubung bangunan, sangat penting untuk mengetahui detail material yang digunakan. Detail spesifikasi material non transparan selubung bangunan Menara Suara Merdeka Semarang dapat dilihat pada Lampiran : Tabel Detail Material Non Transparan, dan Tabel Detail *U-Value* Material Non Transparan

5.3.2. Material Transparan

Material transparan atau lebih sering disebut *glass*. Pada perhitungan transfer panas secara konduksi maupun radiasi pada

selubung bangunan, sangat penting untuk mengetahui detail material yang digunakan. Detail spesifikasi material transparan selubung bangunan Menara Suara Merdeka Semarang dapat dilihat pada Lampiran : Tabel Detail Material Transparan.

5.4. Kalkulasi OTTV pada Lantai 9 dan 10

Lantai 9 dan 10 adalah lantai yang dijadikan sampel penelitian karena lantai ini diasumsikan dapat mewakili kondisi gedung ini secara keseluruhan. Perhitungan OTTV dilakukan partial per-fasade bangunan meliputi fasade yang menghadap barat daya, barat laut, tenggara, timur laut, utara dan barat. Untuk fasade selatan sendiri tidak ada bagian bangunan yang menghadap arah selatan.

Perhitungan dibagi menjadi 3 tahap yaitu konduksi pada bagian dinding solid (dinding bata, beton, ACP, dan curtain wall), konduksi pada material kaca, dan radiasi pada material kaca.

Data-data yang diperlukan untuk kalkulasi OTTV dapat diperoleh dari :

- a. Standar Nasional Indonesia 6389 : 2011 tentang Konservasi Bangunan Gedung,
- b. Spesifikasi / data pabrikan yang dikeluarkan oleh produsen material

Data-data yang dimasukkan ke dalam kalkulasi OTTV disesuaikan dengan material dan kondisi bangunan sebenarnya. Perhitungan OTTV parsial dapat dilihat pada Tabel V.2. Perhitungan OTTV Parsial per-Fasade pada Lantai 9 dan 10.

Tabel V.2. Perhitungan OTTV Parsial per-Fasade pada Lantai 9 dan 10.

KALKULASI OTTV PARSIAL FASAD BARAT DAYA																							
ORIENTASI																							
SELUBUNG		Lantai 9											Lantai 10										
DINDING	Tipe dinding	Persamaan / Equation	=	Dinding Bata Ringan	ACP 2	Curtain Wall 4	Curtain Wall 5	Curtain Wall 6	Curtain Wall 7	Curtain Wall 8	Curtain Wall 9	Curtain Wall 10	Dinding Bata Ringan	Kolom Beton 4	ACP 2	Curtain Wall 4	Curtain Wall 5	Curtain Wall 6	Curtain Wall 7	Curtain Wall 8	Curtain Wall 9	Curtain Wall 10	
	α (absorptansi permukaan)	data SNI / data pabrika	=	0.20	0.40	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.20	0.20	0.40	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	
	U _w (U-value dinding masif)	data SNI / data pabrika	=	1.62	0.63	0.92	0.92	0.90	0.80	1.22	0.80	1.22	1.62	1.94	0.63	0.92	0.92	0.90	0.80	1.22	0.80	1.22	W/m² K
	A _w (Luas area)	sesuai kondisi bangunan	=	25.40	7.44	46.22	44.64	45.60	60.46	32.00	58.38	5.15	32.18	1.80	4.96	28.58	29.76	30.40	37.39	19.79	38.92	20.60	m²
	A _{wn} /ΣA _w	Jika Aw>0 maka(Aw/(Awtotal))	=	0.08	0.02	0.14	0.14	0.14	0.19	0.10	0.18	0.02	0.13	0.01	0.02	0.12	0.12	0.12	0.15	0.08	0.16	0.08	
	1-WWR	1 - Window to Wall Ratio	=	0.57										0.45									
	Berat/ luas	data SNI / data pabrika	=	87.00	15.18	683.77	683.77	683.78	25.89	25.77	25.89	25.77	87.00	780.20	15.18	683.77	683.77	683.78	25.89	25.77	25.89	25.77	kg/m²
	TD _{ek}	kg/m²=0(0);kg/m²>195(10);kg/m²>=125(12);kg/m²<125(15)	=	15	15	10	10	10	15	15	15	15	15	10	15	10	10	10	15	15	15	15	K
	OTTV wall (konduktif)	α x Uw x (Awn/ΣAw) x (1-WWR) x Tdek	=	0.22	0.05	0.05	0.05	0.05	0.09	0.07	0.08	0.01	0.29	0.01	0.04	0.03	0.03	0.03	0.06	0.05	0.06	0.05	W/m²
JENDELA	Tipe jendela		=	J69	J71	J72	J80	J82	J86	J88	J90	J96	J71	J90	J96	J99	J101	J115	J116	J118			
	U _f (U-value jendela)	data SNI / data pabrika	=	5.227	5.227	5.227	5.227	5.227	5.227	5.227	5.227	5.227	5.227	5.227	5.227	5.227	5.227	5.190	5.227	5.227			W/m² K
	A _f (Luas area)	sesuai kondisi bangunan	=	26.00	121.20	2.04	26.00	2.04	26.00	2.04	25.80	12.40	80.80	12.90	6.20	26.00	2.04	1.42	26.00	2.04			m²
	A _{fn} /ΣA _f	Jika Af>0 maka(Af/(Aftotal))	=	0.11	0.50	0.01	0.11	0.01	0.11	0.01	0.11	0.05	0.51	0.08	0.04	0.17	0.01	0.01	0.17	0.01	0	0	
	WWR	sesuai kondisi bangunan	=	0.43									0.55										
	ΔT (beda temperatur)	sudah ditetapkan dalam SNI	=	5									5										K
	OTTV (konduktif)	Uf x Afn/ΣAf x WWR x ΔT	=	1.19	5.57	0.09	1.19	0.09	1.19	0.09	1.19	0.57	7.33	1.17	0.56	2.36	0.18	0.13	2.36	0.18	0.00	0.00	W/m²
	SC _k (SC kaca)	data SNI / data pabrika	=	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.89	0.55	0.55			
	SC _{eff} (Sc alat peneduh)	simulasi Ecotect	=	0.94	0.89	0.47	0.94	0.47	0.94	0.47	0.49	0.90	0.89	0.49	0.90	0.94	0.47	0.86	0.94	0.47			
	SC	SCK x Sceff	=	0.51	0.49	0.26	0.51	0.26	0.51	0.26	0.27	0.49	0.49	0.27	0.49	0.51	0.26	0.77	0.51	0.26	0.00	0.00	
	SF	sudah ditetapkan dalam SNI	=	176									176										
OTTV (radiatif)		SC x SF x Afn/ΣAf x WWR	=	4.12	18.36	0.16	4.12	0.16	4.12	0.16	2.13	1.88	24.15	2.10	1.86	8.13	0.32	0.66	8.13	0.32	0.00	0.00	W/m²
OTTV jendela		OTTV Jendela Konduktif + OTTV Jendela Radiatif	=	5.32	23.93	0.26	5.32	0.26	5.32	0.26	3.32	2.45	31.48	3.27	2.42	10.49	0.51	0.79	10.49	0.51	0.00	0.00	W/m²
Luas selubung (A)		sesuai kondisi bangunan	=	568.81									288.25										m²
Total luas selubung		sesuai kondisi bangunan	=	1325.64									1325.64										m²
OTTV lantai tipikal			=	47.07									60.60						101				W/m²

KALKULASI OTTV PARTIAL FASAD BARAT LAUT																		
ORIENTASI																		
SELUBUNG																		
Lantai 9 dan 10																		
DINDING	Tipe dinding	Persamaan / Equation	=	ACP 2	ACP 4	ACP 6	ACP 8	ACP 9	Curtain Wall 2	Curtain Wall 3	Curtain Wall 4	Curtain Wall 5	Curtain Wall 6	Curtain Wall 7	Curtain Wall 8	Curtain Wall 9	Curtain Wall 10	
	α (absorptansi permukaan)	data SNI / data pabrian	=	0.40	0.40	0.07	0.40	0.40	0.14	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	
	U_w (U-value dinding masif)	data SNI / data pabrian	=	0.63	1.20	0.92	0.80	0.90	0.80	1.06	0.92	0.92	0.90	0.80	1.22	0.80	1.22	W/m ² K
	A_w (Luas area)	sesuai kondisi bangunan	=	206.16	34.35	100.05	38.49	49.62	10.50	18.57	30.42	1.56	5.70	39.78	21.06	2.04	1.08	m ²
	$A_{wn}/\sum A_w$	Jika $A_w > 0$ maka $(A_w/(\sum A_w))$	=	0.37	0.06	0.18	0.07	0.09	0.02	0.03	0.05	0.00	0.01	0.07	0.04	0.01	0.00	
	1-WWR	1 - Window to Wall Ratio	=	0.90														
	Berat/ luas	data SNI / data pabrian	=	15.18	14.97	683.77	289.85	672.97	105.57	300.57	683.77	683.77	683.78	25.89	25.77	25.89	25.77	kg/m ²
	T_{Dek}	kg/m ² =0(0);kg/m ² >195(10);kg/m ² >=125(12);kg/m ² <125(15)	=	15	15	10	10	10	15	10	10	10	10	15	15	15	15	K
	OTTV wall (konduktif)	$\alpha \times U_w \times (A_{wn}/\sum A_w) \times (1-WWR) \times T_{Dek}$	=	1.26	0.40	0.10	0.20	0.29	0.03	0.02	0.03	0.00	0.01	0.05	0.04	0.00	0.00	W/m ²
JENDELA	Tipe jendela		=	J77	J78	J79	J87	J97	J100									
	U_f (U-value jendela)	data SNI / data pabrian	=	5.600	5.600	5.600	5.227	5.600	5.227									W/m ² K
	A_f (Luas area)	sesuai kondisi bangunan	=	14.16	10.83	14.16	2.96	19.14	1.48									m ²
	$A_{fn}/\sum A_f$	Jika $A_f > 0$ maka $(A_f/(\sum A_f))$	=	0.23	0.17	0.23	0.05	0.23	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	
	WWR	sesuai kondisi bangunan	=	0.10														
	ΔT (beda temperatur)	sudah ditetapkan dalam SNI	=	5														K
	OTTV (konduktif)	$U_f \times A_{fn}/\sum A_f \times WWR \times \Delta T$	=	0.64	0.49	0.64	0.12	0.66	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	W/m ²
	SC_k (SC kaca)	data SNI / data pabrian	=	0.47	0.47	0.47	0.55	0.47	0.55									
	SC_{eff} (Sc alat peneduh)	simulasi Ecotect	=	0.95	0.99	0.95	0.77	0.82	0.77									
	SC	$SC_k \times SC_{eff}$	=	0.45	0.47	0.45	0.42	0.39	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	SF	sudah ditetapkan dalam SNI	=	211														
	OTTV (radiatif)	$SC \times SF \times A_{fn}/\sum A_f \times WWR$	=	2.15	1.71	2.15	0.43	1.92	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	W/m ²
	OTTV jendela	OTTV Jendela Konduktif + OTTV Jendela	=	2.79	2.20	2.79	0.55	2.58	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	W/m ²
	Luas selubung (A)	sesuai kondisi bangunan	=	622.11														m ²
	Total luas selubung	sesuai kondisi bangunan	=															m ²
	OTTV lantai tipikal		=	13.61														W/m ²

KALKULASI OTTV PARTIAL FASAD TENGGARA														
ORIENTASI														
SELUBUNG			Lantai 9 dan 10											
DINDING	Tipe dinding	Persamaan / Equation	=	ACP 2	ACP 4	ACP 9	Curtain Wall 4	Curtain Wall 5	Curtain Wall 7	Curtain Wall 8	Curtain Wall 9	Curtain Wall 10	Dinding Bata Ringan	Kolom Beton 4
	α (absorptansi permukaan)	data SNI / data pabrikaan	=	0.40	0.40	0.40	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.20	0.20
	U_w (U-value dinding masif)	data SNI / data pabrikaan	=	0.63	1.20	0.90	0.92	0.92	0.80	1.22	0.80	1.22	1.62	1.94
	A_w (Luas area)	sesuai kondisi bangunan	=	112.08	16.64	24.04	122.36	21.20	160.01	84.71	27.72	14.68	31.68	2.44
	$A_{wn}/\sum A_w$	Jika $A_w > 0$ maka $(A_w / (A_{wtotal}))$	=	0.18	0.03	0.04	0.20	0.03	0.26	0.14	0.04	0.02	0.38	0.03
	1-WWR	1 - Window to Wall Ratio	=	0.60										
	Berat/ luas	data SNI / data pabrikaan	=	15.18	14.97	672.97	683.77	683.77	25.89	25.77	25.89	25.77	87.00	780.20
	TD_{ek}	$kg/m^2 = 0(0); kg/m^2 > 195(10); kg/m^2 > 125(12); kg/m^2 < 125(15)$	=	15	15	10	10	10	15	15	15	15	15	10
	OTTV wall (konduktif)	$\alpha \times U_w \times (A_{wn}/\sum A_w) \times (1-WWR) \times T_{dek}$	=	0.41	0.12	0.08	0.07	0.01	0.12	0.10	0.02	0.02	1.11	0.07
JENDELA	Tipe jendela		=	J73	J89	J91	J102	J107	J108					
	U_f (U-value jendela)	data SNI / data pabrikaan	=	5.227	5.227	5.227	5.227	5.190	5.190					
	A_f (Luas area)	sesuai kondisi bangunan	=	60.40	222.00	51.00	75.10	0.94	4.12					
	$A_{fn}/\sum A_f$	Jika $A_f > 0$ maka $(A_f / (A_{ftotal}))$	=	0.15	0.54	0.12	0.18	0.00	0.01	0	0	0	0	0
	WWR	sesuai kondisi bangunan	=	0.40										
	ΔT (beda temperatur)	sudah ditetapkan dalam SNI	=	5										
	OTTV (konduktif)	$U_f \times A_{fn}/\sum A_f \times WWR \times \Delta T$	=	1.53	5.63	1.29	1.90	0.02	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SC_k (SC kaca)	data SNI / data pabrikaan	=	0.55	0.55	0.55	0.55	0.89	0.89					
	SC_{eff} (Sc alat peneduh)	simulasi Ecotect	=	0.94	0.93	0.98	0.93	0.78	0.71					
	SC	$SC_k \times SC_{eff}$	=	0.52	0.51	0.53	0.51	0.69	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SF	sudah ditetapkan dalam SNI	=	97										
	OTTV (radiatif)	$SC \times SF \times A_{fn}/\sum A_f \times WWR$	=	2.94	10.59	2.56	3.58	0.06	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	OTTV jendela	OTTV Jendela Konduktif + OTTV Jendela	=	4.47	16.21	3.86	5.48	0.08	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Luas selubung (A)	sesuai kondisi bangunan	=	1031.12										
	Total luas selubung	sesuai kondisi bangunan	=											
	OTTV lantai tipikal		=	32.60										

KALKULASI OTTV PARSIAL FASAD TIMUR							KALKULASI OTTV PARSIAL FASAD TIMUR LAUT													
ORIENTASI			TIMUR				ORIENTASI													
SELUBUNG			Lantai 9 dan 10				SELUBUNG			Lantai 8,9,10										
DINDING	Tipe dinding	Persamaan / Equation	=	Curtain Wall 4	Curtain Wall 7	Curtain Wall 8		Tipe dinding	=	ACP 2	ACP 4	ACP 9	Curtain Wall 4	Curtain Wall 7	Curtain Wall 8					
	α (absorptansi permukaan)	data SNI / data pabrian	=	0.07	0.07	0.07		α (absorptansi permukaan)	=	0.40	0.40	0.40	0.07	0.07	0.07					
	U _w (U-value dinding masif)	data SNI / data pabrian	=	0.92	0.80	1.22	W/m ² K	U _w (U-value dinding masif)	=	0.63	1.20	0.90	0.92	0.80	1.22	W/m ² K				
	A _w (Luas area)	sesuai kondisi bangunan	=	37.20	48.66	25.77	m ²	A _w (Luas area)	=	15.24	0.87	1.26	7.53	9.84	5.22	m ²				
	A _{wn} /ΣA _w	Jika Aw>0 maka(Aw/(Awtotal))	=	0.33	0.44	0.23		A _{wn} /ΣA _w	=	0.38	0.02	0.03	0.19	0.25	0.13					
	1-WWR	1 - Window to Wall Ratio	=	0.72				1-WWR	=	0.71										
	Berat/ luas	data SNI / data pabrian	=	683.77	25.89	25.77	kg/m ²	Berat/ luas	=	15.18	14.97	672.97	683.77	25.89	25.77	kg/m ²				
	TD _{ek}	kg/m²=0(0);kg/m²>195(10);kg/m²>=125(12);kg/m²<125(15)	=	10	15	15	K	TD _{ek}	=	15	15	10	10	15	15	K				
OTTV wall (konduktif)			α x U _w x (A _{wn} /ΣA _w) x (1-WWR) x Tdek	=	0.15	0.25	0.20	W/m ²	OTTV wall (konduktif)			=	1.03	0.11	0.08	0.08	0.14	0.11	W/m ²	
JENDELA	Tipe jendela		=	J93				Tipe jendela	=	J92	J98									
	U _f (U-value jendela)	data SNI / data pabrian	=	5.227			W/m ² K	U _f (U-value jendela)	=	5.227	5.227						W/m ² K			
	A _f (Luas area)	sesuai kondisi bangunan	=	70.40			m ²	A _f (Luas area)	=	13.50	2.63						m ²			
	A _{fn} /ΣA _f	Jika Af>0 maka(Af/(Aftotal))	=	1.00	0	0		A _{fn} /ΣA _f	=	0.84	0.16	0	0	0	0					
	WWR	sesuai kondisi bangunan	=	0.28				WWR	=	0.29										
	ΔT (beda temperatur)	sudah ditetapkan dalam SNI	=	5			K	ΔT (beda temperatur)	=	5							K			
	OTTV (konduktif)			U _f x A _{fn} /ΣA _f x WWR x ΔT	=	7.29	0.00	0.00	W/m ²	OTTV (konduktif)			=	6.29	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	W/m ²
	SC _k (SC kaca)	data SNI / data pabrian	=	0.55				SC _k (SC kaca)	=	0.55	0.55									
	SC _{eff} (Sc alat peneduh)	simulasi Ecotect	=	0.97				SC _{eff} (Sc alat peneduh)	=	0.94	0.51									
	SC	Sck x Sceff	=	0.53	0.00	0.00		SC	=	0.51	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00					
SF	sudah ditetapkan dalam SNI	=	112				SF	=	113											
OTTV (radiatif)			SC x SF x A _{fn} /ΣA _f x WWR	=	16.51	0.00	0.00	W/m ²	OTTV (radiatif)			=	13.93	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	W/m ²	
OTTV jendela			OTTV Jendela Konduktif + OTTV Jendela	=	23.80	0.00	0.00	W/m ²	OTTV jendela			=	20.22	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	W/m ²	
Luas selubung (A)			sesuai kondisi bangunan	=	252.43		m ²	Luas selubung (A)			=	56.09					m ²			
Total luas selubung			sesuai kondisi bangunan	=	252.43		m ²	Total luas selubung			=						m ²			
OTTV lantai tipikal				=	24.41		W/m ²	OTTV lantai tipikal			=	24.49					W/m ²			

KALKULASI OTTV PARSIAL FASAD UTARA							KALKULASI OTTV PARSIAL FASAD BARAT						
ORIENTASI		UTARA					ORIENTASI		BARAT				
SELUBUNG		Lantai 9 dan 10					SELUBUNG		Lantai 9 dan 10				
DINDING	Tipe dinding	Persamaan / Equation	=	Curtain Wall 4	Curtain Wall 7	Curtain Wall 8	DINDING	Tipe dinding	Persamaan / Equation	=	Curtain Wall 4	Curtain Wall 7	Curtain Wall 8
	α (absorptansi permukaan)	data SNI / data pabrian	=	0.07	0.07	0.07		α (absorptansi permukaan)	data SNI / data pabrian	=	0.07	0.07	0.07
	U_w (U-value dinding masif)	data SNI / data pabrian	=	0.92	0.80	1.22		U_w (U-value dinding masif)	data SNI / data pabrian	=	0.92	0.80	1.22
	A_w (Luas area)	sesuai kondisi bangunan	=	55.23	72.24	38.25		A_w (Luas area)	sesuai kondisi bangunan	=	55.02	71.96	38.10
	$A_{wn}/\sum A_w$	Jika $A_w > 0$ maka $(A_w/(A_{wtotal}))$	=	0.33	0.44	0.23		$A_{wn}/\sum A_w$	Jika $A_w > 0$ maka $(A_w/(A_{wtotal}))$	=	0.33	0.44	0.23
	1-WWR	1 - Window to Wall Ratio	=	0.67				1-WWR	1 - Window to Wall Ratio	=	0.67		
	Berat/ luas	data SNI / data pabrian	=	683.77	25.89	25.77		Berat/ luas	data SNI / data pabrian	=	683.77	25.89	25.77
	TD_{ek}	$kg/m^2=0(0); kg/m^2>195(10); kg/m^2>=125(12); kg/m^2<125(15)$	=	10	15	15		TD_{ek}	$kg/m^2=0(0); kg/m^2>195(10); kg/m^2>=125(12); kg/m^2<125(15)$	=	10	15	15
OTTV wall (konduktif)		$\alpha \times U_w \times (A_{wn}/\sum A_w) \times (1-WWR) \times Tdek$	=	0.14	0.24	0.19	OTTV wall (konduktif)		$\alpha \times U_w \times (A_{wn}/\sum A_w) \times (1-WWR) \times Tdek$	=	0.14	0.24	0.19
JENDELA	Tipe jendela		=	J94			JENDELA	Tipe jendela		=	J95		
	U_f (U-value jendela)	data SNI / data pabrian	=	5.227				U_f (U-value jendela)	data SNI / data pabrian	=	5.600		
	A_f (Luas area)	sesuai kondisi bangunan	=	157.20				A_f (Luas area)	sesuai kondisi bangunan	=	155.40		
	$A_{fn}/\sum A_f$	Jika $A_f > 0$ maka $(A_f/(A_{ftotal}))$	=	1.00	0	0		$A_{fn}/\sum A_f$	Jika $A_f > 0$ maka $(A_f/(A_{ftotal}))$	=	1.00	0	0
	WWR	sesuai kondisi bangunan	=	0.33				WWR	sesuai kondisi bangunan	=	0.33		
	ΔT (beda temperatur)	sudah ditetapkan dalam SNI	=	5				ΔT (beda temperatur)	sudah ditetapkan dalam SNI	=	5		
	OTTV (konduktif)	$U_f \times A_{fn}/\sum A_f \times WWR \times \Delta T$	=	8.56	0.00	0.00		OTTV (konduktif)	$U_f \times A_{fn}/\sum A_f \times WWR \times \Delta T$	=	9.14	0.00	0.00
	SC_k (SC kaca)	data SNI / data pabrian	=	0.55				SC_k (SC kaca)	data SNI / data pabrian	=	0.47		
	SC_{eff} (Sc alat peneduh)	simulasi Ecotect	=	1.00				SC_{eff} (Sc alat peneduh)	simulasi Ecotect	=	1.00		
	SC	$SC_k \times S_{ceff}$	=	0.55	0.00	0.00		SC	$SC_k \times S_{ceff}$	=	0.47	0.00	0.00
	SF	sudah ditetapkan dalam SNI	=	130				SF	sudah ditetapkan dalam SNI	=	243		
OTTV (radiatif)		$SC \times SF \times A_{fn}/\sum A_f \times WWR$	=	23.20	0.00	0.00	OTTV (radiatif)		$SC \times SF \times A_{fn}/\sum A_f \times WWR$	=	37.41	0.00	0.00
OTTV jendela		OTTV Jendela Konduktif + OTTV Jendela	=	31.75	0.00	0.00	OTTV jendela		OTTV Jendela Konduktif + OTTV Jendela	=	46.56	0.00	0.00
Luas selubung (A)		sesuai kondisi bangunan	=	480.12			Luas selubung (A)		sesuai kondisi bangunan	=	475.88		
Total luas selubung		sesuai kondisi bangunan	=	480.12			Total luas selubung		sesuai kondisi bangunan	=	475.88		
OTTV lantai tipikal			=	32.32			OTTV lantai tipikal			=	47.12		

Sehingga, apabila dilakukan *mapping* OTTV pada Lantai 9 dan 10 Menara Suara Merdeka Semarang adalah sebagai berikut :

Tabel V.3. Mapping OTTV pada Seluruh Fasade Lantai 9 dan 10

	Partial OTTV (w/m ²)	SNI 6389 : 2011 $\leq 35 \text{ W/m}^2$
FASAD BARAT DAYA (9)	47.03	X
FASAD BARAT DAYA (10)	60.60	X
FASAD BARAT LAUT	13.61	V
FASAD TIMUR LAUT	24.49	V
FASAD TENGGARA	32.6	V
FASAD TIMUR	32.32	V
FASAD BARAT	47.12	X
FASAD UTARA	32.32	V

Dengan mengamati hasil kalkulasi di atas, **sisi Barat Daya memiliki potensi nilai OTTV melebihi 35 Watt/m² pada seluruh lantai**. Maka peneliti melakukan kalkulasi menyeluruh pada semua lantai di **sisi Barat Daya** dengan perhitungan sebagai pada tabel V.4. berikut :

Tabel V.4. Perhitungan OTTV Seluruh Lantai pada Fasade Barat Daya

KALKULASI OTTV PARSIAL FASAD BARAT DAYA																		
ORIENTASI		BARAT DAYA																
SELUBUNG		Lantai dasar			Lantai 1						Lantai 2							
DINDING	Tipe dinding	=	ACP 3	Curtain Wall 12		Dinding Bata Ringan	Curtain Wall 5	Curtain Wall 10	Curtain Wall 12	Curtain Wall 17	Curtain Wall 18	Dinding Bata Ringan	ACP 3	ACP 6	Curtain Wall 2	Curtain Wall 5	Curtain Wall 9	Curtain Wall 10
	α (absorptansi permukaan)	=	0.40	0.14		0.20	0.07	0.07	0.14	0.14	0.14	0.20	0.40	0.07	0.14	0.07	0.07	0.07
	U_w (U-value dinding masif)	=	0.55	0.80		1.62	0.92	1.22	0.80	0.92	1.22	1.62	0.48	0.92	0.80	0.92	0.80	1.22
	A_w (Luas area)	=	2.79	10.12	-	6.35	6.44	3.47	10.12	7.74	4.17	6.35	7.20	10.07	6.46	7.44	9.73	5.15
	$A_{wn}/\sum A_w$	=	0.22	0.78	0	0.17	0.17	0.09	0.26	0.20	0.11	0.12	0.14	0.19	0.12	0.14	0.19	0.10
	1-WWR	=	0.15			0.36						0.58						
	Berat/ luas	=	12.84	25.89	0.00	87.00	683.77	25.77	25.89	683.77	25.77	87.00	2283.05	683.77	105.57	683.77	25.89	25.77
	TD_{ek}	=	15	15	0	15	10	15	15	10	15	15	10	10	15	10	15	15
	OTTV wall (konduktif)	=	0.11	0.20	0.00	0.29	0.04	0.04	0.16	0.09	0.10	0.34	0.15	0.07	0.12	0.05	0.09	0.07
JENDELA	Tipe jendela	=	J01	J03	J04	J22	J25	J26				J47	J49	J50				
	U_f (U-value jendela)	=	5.190	5.132	5.132	5.190	5.227	5.190				5.227	5.227	5.227				
	A_f (Luas area)	=	37.50	27.60	9.25	37.50	9.90	21.80				17.20	20.20	1.02				
	$A_{fn}/\sum A_f$	=	0.50	0.37	0.12	0.54	0.14	0.32	0	0	0	0.45	0.53	0.03	0	0	0	0
	WWR	=	0.85			0.64						0.42						
	ΔT (beda temperatur)	=	5			5						5						
	OTTV (konduktif)	=	11.15	8.12	2.72	9.05	2.41	5.26	0.00	0.00	0.00	4.95	5.81	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00
	SC_k (SC kaca)	=	0.89	0.86	0.86	0.89	0.55	0.89				0.55	0.55	0.55				
	SC_{eff} (Sc alat peneduh)	=	0.93	0.93	0.93	0.93	0.67	0.46				0.68	0.87	0.47				
	SC	=	0.83	0.80	0.80	0.83	0.37	0.41	0.00	0.00	0.00	0.37	0.48	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00
	SF	=	176			176						176						
	OTTV (radiatif)	=	62.60	44.73	14.99	50.82	5.97	14.61	0.00	0.00	0.00	12.35	18.73	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00
OTTV jendela	=	73.76	52.85	17.71	59.87	8.38	19.88	0.00	0.00	0.00	17.30	24.54	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Luas selubung (A)	=	87.26			107.49						90.82						
	Total luas selubung	=	1325.64															
	OTTV lantai tipikal	=	144.62			88.85						43.54						
	OTTV parsial	=	59.44															

		KALKULASI OTTV PARSIAL FASAD BARAT DAYA																					
		ORIENTASI																					
		SELUBUNG		Lantai 9										Lantai 10									
DINDING																							
	Tipe dinding	=	Dinding Bata Ringan	ACP 2	Curtain Wall 4	Curtain Wall 5	Curtain Wall 6	Curtain Wall 7	Curtain Wall 8	Curtain Wall 9	Curtain Wall 10	Dinding Bata Ringan	Kolom Beton 4	ACP 2	Curtain Wall 4	Curtain Wall 5	Curtain Wall 6	Curtain Wall 7	Curtain Wall 8	Curtain Wall 9	Curtain Wall 10		
	α (absorptansi permukaan)	=	0.20	0.40	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.20	0.20	0.40	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07		
	U_w (U-value dinding masif)	=	1.62	0.63	0.92	0.92	0.90	0.80	1.22	0.80	1.22	1.62	1.94	0.63	0.92	0.92	0.90	0.80	1.22	0.80	1.22		
	A_w (Luas area)	=	25.40	7.44	46.22	44.64	45.60	60.46	32.00	58.38	5.15	32.18	1.80	4.96	28.58	29.76	30.40	37.39	19.79	38.92	20.60		
	$A_{wn}/\sum A_w$	=	0.08	0.02	0.14	0.14	0.14	0.19	0.10	0.18	0.02	0.13	0.01	0.02	0.12	0.12	0.12	0.15	0.08	0.16	0.08		
	1-WWR	=	0.57									0.45											
	Berat/ luas	=	87.00	15.18	683.77	683.77	683.78	25.89	25.77	25.89	25.77	87.00	780.20	15.18	683.77	683.77	683.78	25.89	25.77	25.89	25.77		

KALKULASI OTTV PARSIAL FASAD BARAT DAYA												
ORIENTASI												
SELUBUNG		Lantai 16,17,Lounge										
DINDING		Dinding Bata Ringan	ACP 2	Curtain Wall 4	Curtain Wall 5	Curtain Wall 6	Curtain Wall 7	Curtain Wall 8	Curtain Wall 9	Curtain Wall 10		
	Tipe dinding	=										
	α (absorptansi permukaan)	=	0.20	0.40	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07		
	U_w (U-value dinding masif)	=	1.62	0.63	0.92	0.92	0.90	0.80	1.22	0.80	W/m² K	
	A_w (Luas area)	=	14.50	1.24	11.06	14.88	15.20	14.62	7.66	19.46	m²	
	$A_{wn}/\sum A_w$	=	0.13	0.01	0.10	0.14	0.14	0.13	0.07	0.18	0.09	
	1-WWR	=	0.60									
	Berat/ luas	=	87.00	15.18	683.77	683.77	683.78	25.89	25.77	25.89	25.77 kg/m²	
	TD_{ek}	=	15	15	10	10	10	15	15	15	15 K	
OTTV wall (konduktif)		=	0.39	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	0.09	0.07 W/m²	
JENDELA		J71	J125	J127	J132	J145						
	Tipe jendela	=										
	U_f (U-value jendela)	=	5.227	5.227	5.227	5.227	5.227				W/m² K	
	A_f (Luas area)	=	40.40	26.00	2.04	2.95	2.70				m²	
	$A_{fn}/\sum A_f$	=	0.55	0.35	0.03	0.04	0.04	0	0	0	0	
	WWR	=	0.40									
	ΔT (beda temperatur)	=	5								K	
	OTTV (konduktif)		=	5.77	3.71	0.29	0.42	0.39	0.00	0.00	0.00	W/m²
	SC _k (SC kaca)	=	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55					
	SC _{eff} (Sc alat peneduh)	=	0.89	0.94	0.47	0.93	0.71					
	SC	=	0.49	0.51	0.26	0.51	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	
	SF	=	176									
	OTTV (radiatif)		=	19.02	12.81	0.51	1.44	1.00	0.00	0.00	0.00	W/m²
OTTV jendela		=	24.79	16.52	0.80	1.86	1.39	0.00	0.00	0.00	W/m²	
	Luas selubung (A)		=	183.01							m²	
	Total luas selubung		=								m²	
	OTTV lantai tipikal		=	46.18							W/m²	
	OTTV parsial		=								W/m²	

Sehingga, apabila dilakukan *mapping* OTTV pada sisi Barat Daya Menara Suara Merdeka Semarang adalah sebagai berikut :

Tabel V.5. Mapping OTTV pada Seluruh Fasade Barat Daya

	Partial OTTV (w/m2)	SNI 6389 : 2011 $\leq 35 \text{ W/m}^2$
LANTAI DASAR	144.62	X
LANTAI 1	88.85	X
LANTAI 2	43.54	X
LANTAI 3 - 9	47.03	X
LANTAI 10 - 15	60.60	X
LANTAI 16,17,LOUNGE	46.18	X
TOTAL	59.44	

Atas kondisi tersebut, diperlukan rekomendasi desain untuk mengurangi nilai OTTV pada sisi Barat Daya yang seluruhnya melebihi ketentuan SNI 6389 : 2011.

5.5. Perhitungan Beban Panas pada Sistem Pengkondisian Bangunan

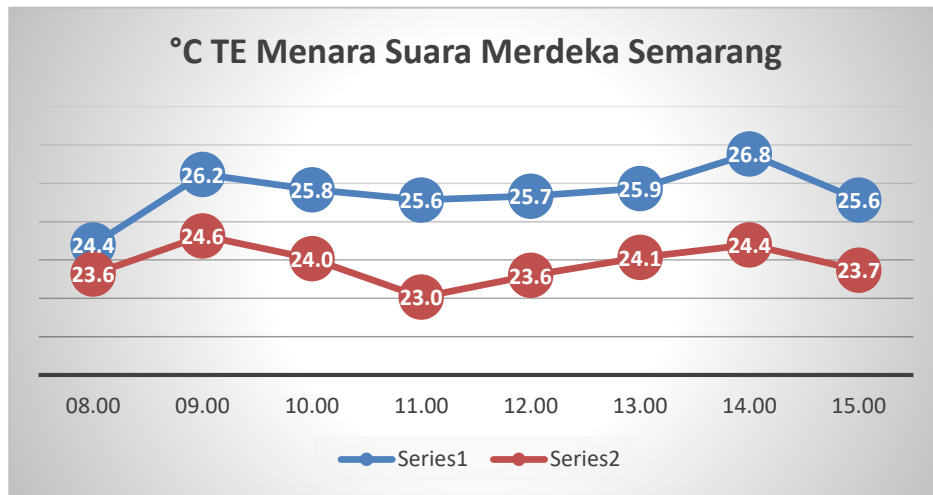
Perhitungan ini dilakukan sebagai langkah mengetahui konsumsi energi yang dibutuhkan dalam upaya mengkondisikan udara ruangan dengan perbandingan dari ruangan di lantai 10 yang belum digunakan dan ruangan di lantai 9 yang telah digunakan sepenuhnya.

Pada lantai 10 diperoleh kondisi temperatur efektif dan kelembaban relatif tanggal 20 Oktober 2017 sebagai berikut :

Tabel V.6. Temperatur Efektif dan Kelembaban Relatif Lantai 9 dan 10

	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00
LT.9	23,6	24,6	24	23	23,6	24,1	24,4	23,7
°C TE	49,7	45,4	47,6	47	44,5	45,8	45,9	45,6
% RH								
LT.10	24,4	26,2	25,8	25,6	25,7	25,9	26,8	25,6
°C TE	67,6	57,3	60,2	62,3	62,3	62,9	57,2	60,4
% RH								

Grafik V.1 Temperatur Efektif Menara Suara Merdeka Semarang



Pada lantai 10 yang belum terapkan dengan pengkondisian udara buatan, temperature efektif pada pagi hari (08.00) adalah 24,4°C TE dengan kelembaban udara 67,6%. Temperatur beranjak meningkat mencapai 26,2°C TE pada pukul 09.00 hingga 26,8°C TE pada pukul 14.00, dan berangsur menurun pada pukul 15.00 dengan 25,8°C TE. Kelembaban rata-rata harian 57,2%-67,6%. Hal tersebut dapat disebabkan karena lantai 10 adalah ruang yang belum digunakan untuk aktivitas perkantoran, masih berupa ruangan kosong tanpa sekat, radiasi matahari yang masuk dari berbagai arah mentransmisikan panas ke dalam ruangan dan mengkondisikan ruangan tersebut pada suhu ruangan yang relatif stabil pada pukul 09.00-14.00.

Lantai 9 saat ini telah digunakan untuk aktivitas perkantoran, lantai ini memiliki banyak ruang dan sekat, dan telah ditambahkan pengkondisian udara buatan, pencahayaan buatan, serta *blinds*. temperature efektif pada pagi hari (08.00) adalah 23,6°C TE dengan kelembaban udara 49,7%. Temperatur beranjak meningkat mencapai 24,6°C TE pada pukul 09.00 dan turun hingga 23,0°C TE pada pukul 11.00, kemudian meningkat lagi mencapai 24,4°C TE pada pukul 14.00 dan berangsur menurun pada pukul

15.00 dengan 23,7°C TE. Kelembaban rata-rata harian yang dikondisikan adalah 44,5% - 49,7%.

Apabila dilihat pada grafik V.1, pola grafik TE per-jam antara lantai 9 dan 10 memiliki persamaan. Hal tersebut dapat disebabkan pada tanggal yang sama (20 Oktober 2017), lantai 9 dan 10 mendapatkan panas dari radiasi matahari dengan intensitas yang relatif sama. Lantai 10 menerima tranmisi panas dan terolah secara alami tanpa bantuan pengkondisian udara buatan. Sedangkan lantai 9, temperatur udara dan kelembaban udara telah diolah sedemikian rupa dengan bantuan alat pengkondisian udara buatan yang telah diatur konstan pada kondisi (suhu dan kelembaban tertentu). Sehingga ketika mendapatkan pancaran radiasi dan panas yang sama, masing-masing lantai menghasilkan suhu yang berbeda namun dengan pola grafik yang relatif sama.

Jika diambil TE^o tertinggi di lantai 10 adalah pada pukul 14.00 yaitu 26.8°C dengan RH 57,2%. TE^o 26,8°C dalam keadaan jenuh mengandung 25,79 gram air/m³, sehingga :

$$\text{RH } 57,2\% = 57,2\% \times 25,79 = 14,752 \text{ gram air/m}^3$$

Sedangkan di Lantai 9 jika diambil TE^o pada pukul 14.00 yaitu 24,4°C dengan RH 45,9%. TE^o 24,4°C dalam keadaan jenuh mengandung 21,81 gram air/m³, sehingga :

$$\text{RH } 45,9\% = 45,9\% \times 21,810 = 10,010 \text{ gram air/m}^3$$

Dengan demikian, air yang harus diuapkan = 14,752 - 10,010 = 4,741 gram air/m³.

Dengan ketentuan bahwa panas yang diperlukan untuk menguapkan 1 gram air adalah 0.61 K cal, maka untuk menguapkan 4,741 gram air/m³ diperlukan kalori / energy sebesar :

$$0,61 \text{ K cal} \times 4,741 = 2,892 \text{ K cal} \dots\dots\dots(a)$$

Pada 1 m³ udara kering 26,8 °C untuk menjadi 24,4 °C terdapat selisih 2,4 °C.

Panas jenis udara kering = 0,2375 K cal, maka untuk membuat kering udara dengan selisih temperature 2,4 °C dibutuhkan kalori/energy sebesar :

$$2,4 \times 0,2375 = 0,57 \text{ K cal} \dots\dots\dots(b)$$

Sehingga untuk mendinginkan 1 m³ udara dari 26,8°C dengan RH 57,2% menjadi 24,4°C dengan RH 45,9%, dibutuhkan panas sebesar :

$$(a) + (b) = 2,892 + 0,57 = 3,462 \text{ K cal}$$

Untuk mengkonversi nilai energy / kalori yang dibutuhkan menjadi Watt, maka :

Konversi 1 K cal = 1,163 Watt, sehingga 3,462 K cal apabila dikonversi menjadi Watt akan senilai :

$$3,462 \text{ K cal} \times 1,163 = 4,026 \text{ Watt (per m}^3\text{)}.$$

5.6. Rekomendasi Desain

5.6.1. Hasil Analisis

Pada sisi Barat Daya diperoleh kondisi sebagai berikut :

- a. Sisi Barat Daya adalah fasade bangunan yang menghadap jalan besar (jalan Pandanaran), fasade ini merupakan wajah dari Menara Suara Merdeka.
- b. Sisi Barat Daya memiliki lebar bangunan terkecil, sisi terlebar ada pada sisi Tenggara dan sisi Barat Laut.
- c. Selubung sisi Barat Daya 85% adalah material kaca sebagai selubung bangunan, dengan kombinasi kaca stopsol, kaca stopsol + reflektif , dan kaca reflexindo.

- d. Sisi Barat Daya tidak memiliki *shading devices*, begitu pula sisi-sisi yang lain. Bangunan ini tidak mengaplikasikan *shading devices*, pembayangan yang terbentuk pada bangunan disebabkan oleh desain massa bangunan yang dipengaruhi pergerakan matahari harian.
- e. Radiasi Matahari jatuh langsung pada sisi Barat Daya di atas pukul 12.00 dan tidak terbayangi sama sekali (terbayangi 0%).
- f. Nilai OTTV sisi Barat Daya adalah 59.44 Watt / m².

5.6.2. Rekomendasi Solusi Desain

Solusi yang direkomendasikan oleh peneliti untuk mengurangi nilai OTTV pada sisi Barat Daya adalah dengan penambahan desain *sun shading devices* dan rekayasa material pada fasade bangunan dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

5.6.2.1 Desain

Desain dari *shading devices* diutamakan pada ukuran dan bentuk yang optimal untuk mereduksi panas dari radiasi matahari, namun dengan tetap memperhatikan aspek konstruksi. Dalam hal ini, bentuk *shading device* yang direkomendasikan adalah bentuk horizontal, vertical atau kombinasi sederhana (*egg rate*). Fokus dari desain ini adalah untuk memberikan solusi yang optimal yang dapat diaplikasikan pada Menara Suara Merdeka Semarang.

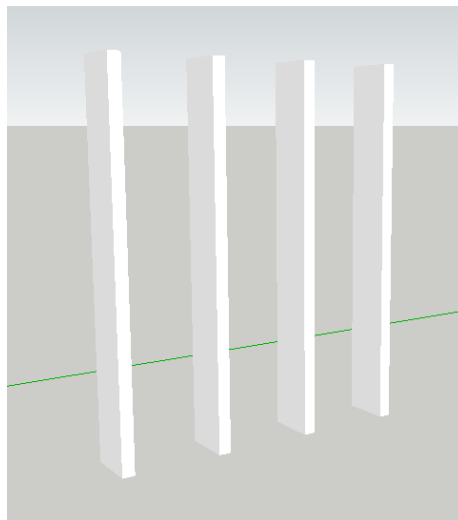
Beberapa alternatif bentuk *sun shading* yang efektif dan efisien untuk sisi Barat Daya Menara Suara Merdeka adalah :

a. Kombinasi Bentuk Vertikal

Dengan dimensi dan kerapatan tertentu, kombinasi bentuk vertikal ini mampu mengurangi radiasi matahari yang akan melewati selubung bangunan. Apabila diaplikasikan pada salah satu bagian sisi Barat Daya Menara Suara Merdeka,

dimensi dan bentuk yang efektif sebagai shading device adalah :

Lebar : 40 cm
Panjang : sepanjang tinggi lantai
Jarak antar bidang : 80 cm
Tebal : 10 cm



Gambar 5.28 Desain *Sun Shading*

Kombinasi Bentuk Vertikal

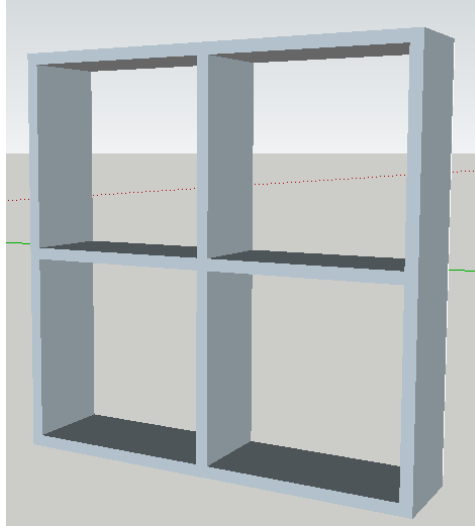
b. Bentuk *Egg Rate*

Bentuk ini adalah kombinasi dari bentuk vertikal dan horizontal, sedemikian rupa hingga membentuk pola persegi yang berderet ke atas dan ke bawah dalam jumlah tertentu.

Dengan dimensi dan kerapatan tertentu, bentuk *egg rate* ini mampu mengurangi radiasi matahari yang akan melewati selubung bangunan. Apabila diaplikasikan pada salah satu bagian sisi Barat Daya Menara Suara Merdeka, dimensi dan bentuk yang efektif sebagai shading device adalah :

Tebal *Egg Rate* : 40 cm
Panjang Kotak *Eggrate* : 80 cm

Lebar Kotak *Eggrate* : 80 cm



Gambar 5.29 Desain *Sun Shading*

Bentuk *Egg Rate*

c. Bentuk *Letter L*

Bentuk ini adalah kombinasi dari bentuk vertical dan horizontal, sedemikian rupa hingga membentuk letter L dengan dimensi tertentu. Dengan dimensi, bentuk Letter L ini mampu mengurangi radiasi matahari yang akan melewati selubung bangunan. Apabila diaplikasikan pada salah satu bagian sisi Barat Daya Menara Suara Merdeka, dimensi dan bentuk yang efektif sebagai *shading device* adalah :

Panjang bidang horizontal	: menyesuaikan
Lebar bidang horizontal	: 80 cm
Tebal bidang horizontal	: 5 cm
Panjang bidang vertical	: menyesuaikan
Lebar bidang vertical	: 80 cm
Tebal bidang vertical	: 5 cm



Gambar 5.30

Desain *Sun Shading* Bentuk *Letter L*

5.6.2.2 Material

- a. Material kaca yang telah digunakan tidak memungkinkan untuk diganti, solusi yang dapat diaplikasikan adalah penambahan lapisan reflektif untuk mereduksi panas yang masuk melalui kaca. Agar tetap seragam dengan jenis material kaca yang terpasang di Menara Suara Merdeka, maka dipilih lapisan *reflektive glass* sebesar 60% dengan spesifikasi sebagai berikut:

Jenis kaca	<i>Stopsol + film coating*(PR60 3m film)</i>
Tebal	8 mm
<i>U-value</i>	5.6 W/m ² K
SC kaca	0.47

- b. Material dari *shading devices* dipilih yang memiliki tingkat konduktivitas rendah, sehingga tidak menambah tingkat konduktivitas material selubung bangunan. Hal tersebut dapat dilihat pada *U-value* suatu material, semakin rendah *U-Value*, semakin rendah nilai konduktivitasnya. Material yang direkomendasikan adalah ACP (*Aluminium Composite Panel*) dengan komposisi sebagai berikut :

Jenis Bahan	ACP
Sifat Permukaan	metalik
Warna	Abu-abu muda
Absortansi	0.40
Tebal	4 mm
<i>Thermal Conductivity</i>	0.33 W/mK
<i>Density</i>	1900 Kg/m ³
Jenis Bahan	<i>Air Gap</i>
Tebal	920 mm
<i>Thermal Conductivity</i>	0.216 W/mK
<i>Density</i>	1.3 Kg/ m ³
Jenis Bahan	ACP
Tebal	4 mm
<i>Thermal Conductivity</i>	0.33 W/mK
<i>Density</i>	1900 Kg/m ³
<i>Weight</i>	16.396 Kg/m ²

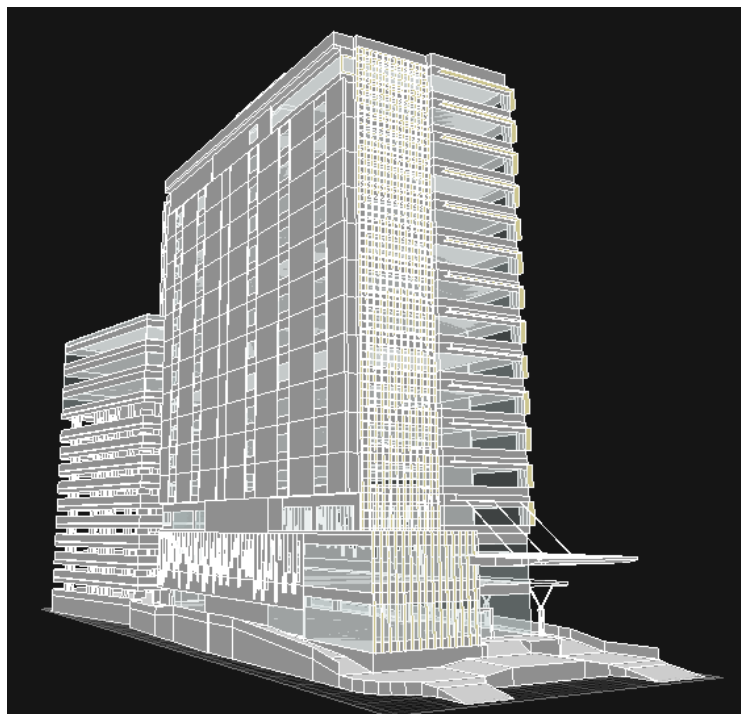
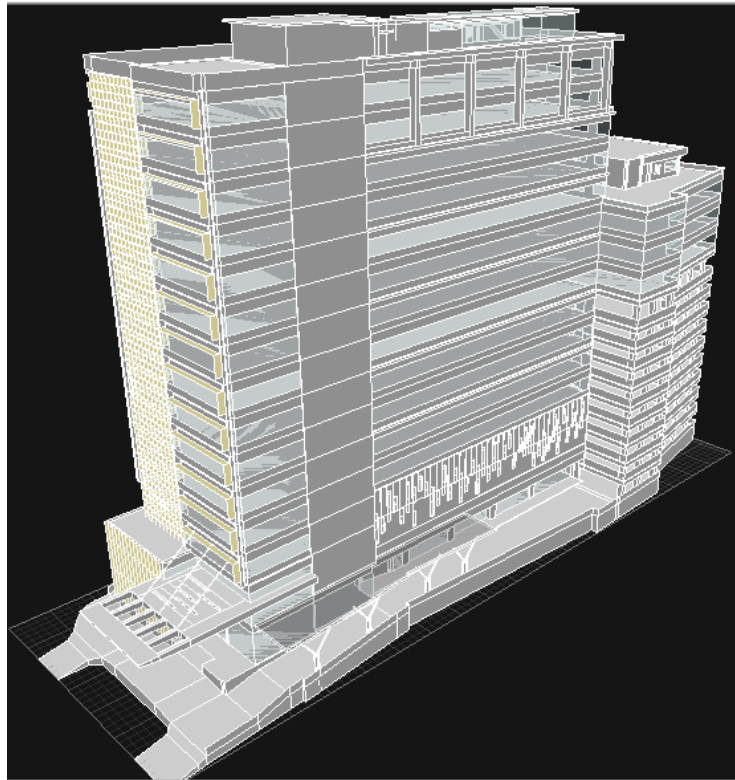
5.6.2.3 Aplikasi dari Rekomendasi

Aplikasi dari rekomendasi desain dan material pada bangunan eksisting adalah sebagai berikut :

- Desain kombinasi *vertical shading* diletakkan pada sisi kanan fasade Barat Daya khusus lantai dasar dan lantai 1, ditambahkan lapisan reflektif 60% pada kaca karena sebelumnya kaca pada bagian ini menyumbang persentase nilai OTTV tertinggi. Aplikasi desain ini dapat dilihat pada gambar 5.42 dan 5.43.
- Desain *shading Egg Rate* diletakkan pada sisi kanan fasade Barat Daya khusus lantai 2 hingga lantai 17, ditambahkan lapisan reflektif 60% pada kaca sebagai upaya menurunkan nilai OTTV pada bidang ini. Aplikasi desain ini juga dapat dilihat pada gambar 5.42 dan 5.43.
- Desain *shading Letter L* diletakkan pada sisi kiri fasade Barat Daya khusus lantai 2 hingga lantai 17 dan lantai 8-9-10 annex. Pada bidang ini sebelumnya telah ditambahkan lapisan reflektif 60%. Aplikasi desain ini juga dapat dilihat pada gambar 5.42 dan 5.43.



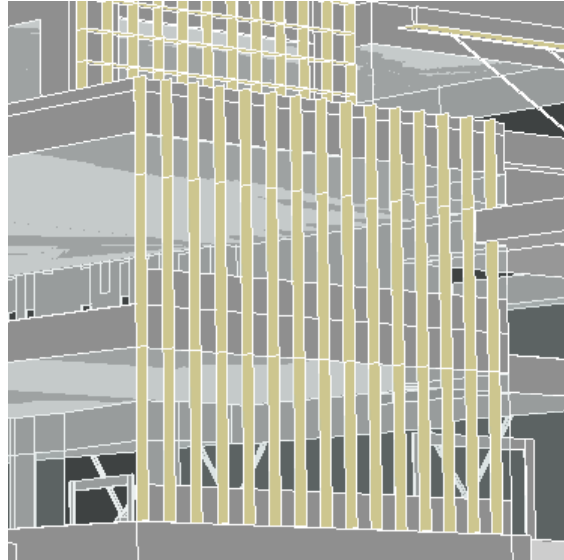
Gambar 5.31 Aplikasi Rekomendasi Desain dan Material pada Bangunan *Eksisting* (1)



Gambar 5.32 Aplikasi Rekomendasi Desain dan Material pada Bangunan *Eksisting* (2)

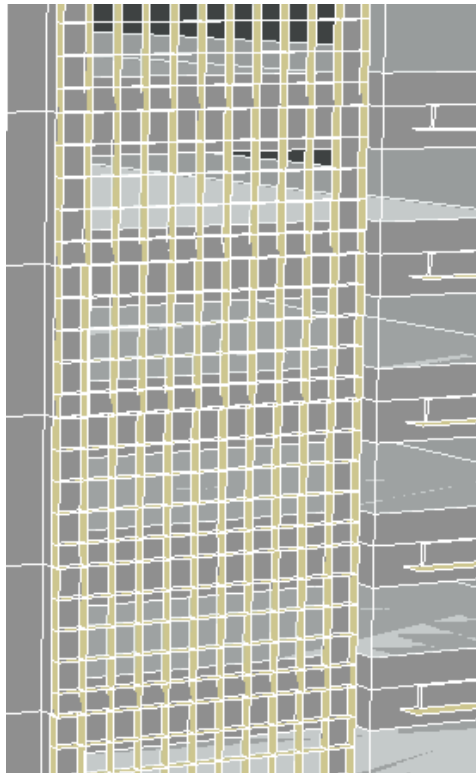
5.6.2.4 Detail

a. Detail Aplikasi Kombinasi Vertikal



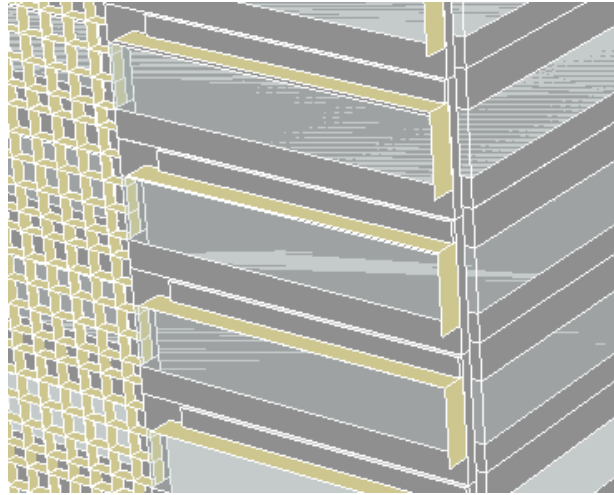
Gambar 5.33 Detail Aplikasi Kombinasi Vertikal

b. Detail Aplikasi *Eggrate*



Gambar 5.34 Detail Aplikasi *Eggrate*

c. Detail Aplikasi *Letter L*



Gambar 5.35 Detail Aplikasi *Letter L*

5.6.3. Nilai OTTV setelah Aplikasi Rekomendasi Desain

Setelah dilakukan rekomendasi desain untuk menurunkan nilai OTTV pada fasade Barat Daya, diperoleh kalkulasi nilai OTTV seperti pada tabel 5.32.

Nilai OTTV yang dihasilkan adalah $38,80 \text{ W/m}^2$, mengalami **penurunan hingga 35%** dari nilai OTTV semula yang sebesar 59.44 W/m^2 . Diharapkan penurunan nilai OTTV pada sisi Barat Daya dapat menurunkan kebutuhan / konsumsi energy sehingga dapat terjadi efisiensi energy pada Menara Suara Merdeka Semarang.

Tabel V.7 Kalkulasi OTTV setelah Aplikasi Rekomendasi Desain

KALKULASI OTTV PARSIAL FASAD BARAT DAYA													
ORIENTASI		BARAT DAYA											
SELUBUNG		Lantai dasar				Lantai 1							
DINDING	Tipe dinding	Persamaan / Equation	=	ACP 3	Curtain Wall 12			Dinding Bata Ringan	Curtain Wall 5	Curtain Wall 10	Curtain Wall 12	Curtain Wall 17	Curtain Wall 18
	α (absorptansi permukaan)	<i>data SNI / data pabrikaan</i>	=	0.40	0.14			0.20	0.07	0.07	0.14	0.14	0.14
	U_w (U-value dinding masif)	<i>data SNI / data pabrikaan</i>	=	0.55	0.80			1.62	0.92	1.22	0.80	0.92	1.22 W/m ² K
	A_w (Luas area)	<i>sesuai kondisi bangunan</i>	=	2.79	10.12	-		6.35	6.44	3.47	10.12	7.74	4.17 m ²
	$A_{wn}/\sum A_w$	Jika $A_w > 0$ maka $(A_w/(\sum A_w))$	=	0.22	0.78	0	0	0.17	0.17	0.09	0.26	0.20	0.11
	1-WWR	1 - Window to Wall Ratio	=	0.15				0.36					
	Berat/ luas	<i>data SNI / data pabrikaan</i>	=	12.84	25.89	0.00	0.00	87.00	683.77	25.77	25.89	683.77	25.77 kg/m ²
	TD_{ek}	kg/m ² =0(0);kg/m ² >195(10);kg/m ² >=125(12);kg/m ² <125(15)	=	15	15	0	0	15	10	15	15	10	15 K
OTTV wall (konduktif)		$\alpha \times U_w \times (A_{wn}/\sum A_w) \times (1-WWR) \times T_{dek}$	=	0.11	0.20	0.00	0.00	0.29	0.04	0.04	0.16	0.09	0.10 W/m ²
JENDELA	Tipe jendela		=	J01	J03	J04		J22	J25	J26			
	U_f (U-value jendela)	<i>data SNI / data pabrikaan</i>	=	5.600	5.600	5.600		5.600	5.600	5.600			W/m ² K
	A_f (Luas area)	<i>sesuai kondisi bangunan</i>	=	37.50	27.60	9.25		37.50	9.90	21.80			m ²
	$A_{fn}/\sum A_f$	Jika $A_f > 0$ maka $(A_f/(\sum A_f))$	=	0.50	0.37	0.12	0	0.54	0.14	0.32	0	0	0
	WWR	<i>sesuai kondisi bangunan</i>	=	0.85				0.64					
	ΔT (beda temperatur)	<i>sudah ditetapkan dalam SNI</i>	=	5				5					K
	OTTV (konduktif)	$U_f \times A_{fn}/\sum A_f \times WWR \times \Delta T$	=	12.03	8.86	2.97	0.00	9.77	2.58	5.68	0.00	0.00	0.00 W/m ²
	SC_k (SC kaca)	<i>data SNI / data pabrikaan</i>	=	0.47	0.47	0.47		0.47	0.47	0.47			
	SC_{eff} (Sc alat peneduh)	<i>simulasi Ecotect</i>	=	0.57	0.93	0.48		0.51	0.67	0.46			
	SC	$SC_k \times SC_{eff}$	=	0.27	0.44	0.23	0.00	0.24	0.31	0.22	0.00	0.00	0.00
	SF	<i>sudah ditetapkan dalam SNI</i>	=	176				176					
OTTV (radiatif)		$SC \times SF \times A_{fn}/\sum A_f \times WWR$	=	20.26	24.33	4.21	0.00	14.72	5.10	7.72	0.00	0.00	0.00 W/m ²
OTTV jendela		OTTV Jendela Konduktif + OTTV Jendela	=	32.30	33.19	7.18	0.00	24.49	7.68	13.40	0.00	0.00	0.00 W/m ²
Luas selubung (A)		<i>sesuai kondisi bangunan</i>	=	87.26				107.49					m ²
Total luas selubung		<i>sesuai kondisi bangunan</i>	=	1325.64									m ²
OTTV lantai tipikal			=	72.96				46.28					W/m ²
OTTV parsial			=	38.80	-35%								W/m ²

KALKULASI OTTV PARTIAL FASAD BARAT DAYA																		
ORIENTASI																		
SELUBUNG		Lantai 2								Lantai 3,5,6,7,8 dan 9								
DINDING	Tipe dinding	Dinding Bata Ringan	ACP 3	ACP 6	Curtain Wall 2	Curtain Wall 5	Curtain Wall 9	Curtain Wall 10	Dinding Bata Ringan	ACP 2	Curtain Wall 4	Curtain Wall 5	Curtain Wall 6	Curtain Wall 7	Curtain Wall 8	Curtain Wall 9	Curtain Wall 10	
	α (absorptansi permukaan)	=	0.20	0.40	0.07	0.14	0.07	0.07	0.20	0.40	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	
	U_w (U-value dinding masif)	=	1.62	0.48	0.92	0.80	0.92	0.80	1.62	0.63	0.92	0.92	0.90	0.80	1.22	0.80	1.22	W/m ² K
	A_w (Luas area)	=	6.35	7.20	10.07	6.46	7.44	9.73	25.40	7.44	46.22	44.64	45.60	60.46	32.00	58.38	5.15	m ²
	$A_{wn}/\sum A_w$	=	0.12	0.14	0.19	0.12	0.14	0.19	0.08	0.02	0.14	0.14	0.14	0.19	0.10	0.18	0.02	0
	1-WWR	=	0.58						0.57									
	Berat/ luas	=	87.00	2283.05	683.77	105.57	683.77	25.89	25.77	87.00	15.18	683.77	683.77	683.78	25.89	25.77	25.89	25.77 kg/m ²
	TD _{ek}	=	15	10	10	15	10	15	15	15	10	10	10	15	15	15	15	15 K
	OTTV wall (konduktif)	=	0.34	0.15	0.07	0.12	0.05	0.09	0.07	0.17	0.05	0.05	0.05	0.05	0.09	0.07	0.08	0.01 W/m ²
JENDELA	Tipe jendela	=	J47	J49	J50				J69	J71	J72	J80	J82	J86	J88	J90	J96	
	U_f (U-value jendela)	=	5.600	5.600	5.600				5.600	5.600	5.600	5.600	5.600	5.600	5.600	5.600	5.600	W/m ² K
	A_f (Luas area)	=	17.20	20.20	1.02				26.00	121.20	2.04	26.00	2.04	26.00	2.04	25.80	12.40	m ²
	$A_{fn}/\sum A_f$	=	0.45	0.53	0.03	0	0	0	0.11	0.50	0.01	0.11	0.01	0.11	0.01	0.11	0.05	0
	WWR	=	0.42						0.43									
	ΔT (beda temperatur)	=	5						5									K
	OTTV (konduktif)	=	5.30	6.23	0.31	0.00	0.00	0.00	1.28	5.97	0.10	1.28	0.10	1.28	0.10	1.27	0.61	0.00 W/m ²
	SC _k (SC kaca)	=	0.47	0.47	0.47				0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	
	SC _{eff} (SC alat peneduh)	=	0.46	0.66	0.47				0.49	0.66	0.47	0.49	0.47	0.49	0.47	0.49	0.75	
	SC	=	0.22	0.31	0.22	0.00	0.00	0.00	0.23	0.31	0.22	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	0.35	0.00
	SF	=	176						176									
	OTTV (radiatif)	=	7.21	12.14	0.44	0.00	0.00	0.00	1.85	11.63	0.14	1.85	0.14	1.85	0.14	1.84	1.35	0.00 W/m ²
	OTTV jendela	=	12.51	18.37	0.75	0.00	0.00	0.00	3.13	17.60	0.24	3.13	0.24	3.13	0.24	3.11	1.96	0.00 W/m ²
	Luas selubung (A)	=	90.82						568.81									m ²
	Total luas selubung	=							1325.64									m ²
	OTTV lantai tipikal	=	32.52						33.40									W/m ²
	OTTV parsial	=																W/m ²

KALKULASI OTTV PARSIAL FASAD BARAT DAYA																					
ORIENTASI																					
SELUBUNG		Lantai 10,11,12,15										Lantai 16,17,Lounge									
DINDING	Tipe dinding	Dinding Bata Ringan	Kolom Beton 4	ACP 2	Curtain Wall 4	Curtain Wall 5	Curtain Wall 6	Curtain Wall 7	Curtain Wall 8	Curtain Wall 9	Curtain Wall 10	Dinding Bata Ringan	ACP 2	Curtain Wall 4	Curtain Wall 5	Curtain Wall 6	Curtain Wall 7	Curtain Wall 8	Curtain Wall 9	Curtain Wall 10	
	α (absorptansi permukaan)	= 0.20	0.20	0.40	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.20	0.40	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	
	U_w (U-value dinding masif)	= 1.62	1.94	0.63	0.92	0.92	0.90	0.80	1.22	0.80	1.22	1.62	0.63	0.92	0.92	0.90	0.80	1.22	0.80	1.22	W/m ² K
	A_w (Luas area)	= 32.18	1.80	4.96	28.58	29.76	30.40	37.39	19.79	38.92	20.60	14.50	1.24	11.06	14.88	15.20	14.62	7.66	19.46	10.30	m ²
	$A_{wn}/\sum A_w$	= 0.13	0.01	0.02	0.12	0.12	0.12	0.15	0.08	0.16	0.08	0.13	0.01	0.10	0.14	0.14	0.13	0.07	0.18	0.09	
	1-WWR	= 0.45										0.60									
	Berat/ luas	= 87.00	780.20	15.18	683.77	683.77	683.78	25.89	25.77	25.89	25.77	87.00	15.18	683.77	683.77	683.78	25.89	25.77	25.89	25.77	kg/m ²
	TD_{ek}	= 15	10	15	10	10	10	15	15	15	15	15	15	10	10	10	15	15	15	15	K
	OTTV wall (konduktif)	= 0.29	0.01	0.04	0.03	0.03	0.03	0.06	0.05	0.06	0.05	0.39	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	0.09	0.07	W/m ²
JENDELA	Tipe jendela	J71	J90	J96	J99	J101	J115	J116	J118			J71	J125	J127	J132	J145					
	U_f (U-value jendela)	= 5.600	5.600	5.600	5.600	5.600	5.600	5.600	5.600			5.600	5.600	5.600	5.600	5.600					W/m ² K
	A_f (Luas area)	= 80.80	12.90	6.20	26.00	2.04	1.42	26.00	2.04			40.40	26.00	2.04	2.95	2.70					m ²
	$A_{fn}/\sum A_f$	= 0.51	0.08	0.04	0.17	0.01	0.01	0.17	0.01	0	0	0.55	0.35	0.03	0.04	0.04	0	0	0	0	
	WWR	= 0.55										0.40									
	ΔT (beda temperatur)	= 5										5									K
	OTTV (konduktif)	= 7.85	1.25	0.60	2.53	0.20	0.14	2.53	0.20	0.00	0.00	6.18	3.98	0.31	0.45	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	W/m ²
	SC_k (SC kaca)	= 0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47			0.47	0.47	0.47	0.47	0.47					
	SC_{eff} (Sc alat peneduh)	= 0.66	0.49	0.75	0.49	0.47	0.74	0.49	0.47			0.66	0.49	0.47	0.74	0.59					
	SC	= 0.31	0.23	0.35	0.23	0.22	0.35	0.23	0.22	0.00	0.00	0.31	0.23	0.22	0.35	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	
	SF	= 176										176									
	OTTV (radiatif)	= 15.30	1.81	1.33	3.66	0.28	0.30	3.66	0.28	0.00	0.00	12.05	5.76	0.43	0.99	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	W/m ²
	OTTV jendela	= 23.15	3.07	1.94	6.18	0.47	0.44	6.18	0.47	0.00	0.00	18.23	9.74	0.75	1.44	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	W/m ²
	Luas selubung (A)	= 288.25										183.01									m ²
	Total luas selubung	= 1325.64																			m ²
	OTTV lantai tipikal	= 42.55										32.10									W/m ²
	OTTV parsial	=																			W/m ²

BAB VI

KESIMPULAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dari penelitian terkait pengaruh desain dan material selubung bangunan terhadap transfer termal pada bangunan kaca berlantai banyak dengan studi kasus Menara Suara Merdeka Semarang, maka dapat diambil kesimpulan :

- a. Berdasarkan penelitian pada lantai 9 dan 10 Menara Suara Merdeka Semarang, diperoleh nilai OTTV pada masing-masing fasade yaitu nilai OTTV pada fasade barat daya lantai 9 sebesar $47,03 \text{ W/m}^2$, nilai OTTV pada fasade barat daya lantai 10 sebesar $60,60 \text{ W/m}^2$, nilai OTTV pada fasade barat laut sebesar $13,61 \text{ W/m}^2$, nilai OTTV pada fasade timur laut sebesar $24,49 \text{ W/m}^2$, nilai OTTV pada fasade tenggara sebesar $32,6 \text{ W/m}^2$, nilai OTTV pada fasade timur sebesar $32,32 \text{ W/m}^2$, nilai OTTV pada fasade barat sebesar $47,12 \text{ W/m}^2$, dan nilai OTTV pada fasade utara sebesar $32,32 \text{ W/m}^2$.
- b. Fasade Barat Daya memiliki nilai OTTV di atas ketentuan SNI 6389 : 2011 yaitu mencapai $47,03 \text{ W/m}^2$ pada lantai 9 dan $60,60 \text{ W/m}^2$ pada lantai 10.
- c. Atas kondisi tersebut, dapat ditarik asumsi bahwa keseluruhan fasade Barat Daya berpotensi memiliki nilai OTTV melebihi ketentuan, karena memiliki karakter desain dan material yang sama dalam satu bidang. Sehingga dilakukan penelitian lanjutan dengan melakukan kalkulasi OTTV pada seluruh lantai pada fasade Barat Daya dengan hasil sebagai berikut nilai OTTV pada lantai dasar sebesar $144,62 \text{ W/m}^2$, nilai OTTV pada lantai 1 sebesar $88,85 \text{ W/m}^2$, nilai OTTV pada lantai 2 sebesar $43,54 \text{ W/m}^2$, nilai OTTV pada lantai 3 sampai 9 sebesar $47,03 \text{ W/m}^2$,

nilai OTTV pada lantai 1 sampai 15 sebesar 60,60 W/m², dan nilai OTTV pada lantai 16 sampai 17 (+lounge) sebesar 46 W/m².

- d. Sehingga diperoleh nilai total OTTV pada fasade barat daya sebesar 59,44 W/m².
- e. Sisi Barat Daya merupakan fasade bangunan yang menghadap jalan utama (jalan Pandanaran), fasade ini menjadi wajah dari Menara Suara Merdeka. Sisi Barat Daya memiliki lebar bangunan terkecil, sedangkan sisi terlebar ada pada sisi Tenggara dan sisi Barat Laut. Wajah bangunan yang menghadap Barat Daya memiliki potensi terpapar radiasi matahari langsung pada bulan Desember ketika matahari berada di selatan garis khatulistiwa, dan akan terbayangi total pada sekitar bulan Juni ketika matahari berada di utara garis khatulistiwa.
- f. Fasade ini didominasi material transparan pada fasade Barat Daya adalah kaca stopsol dan refleksindo dengan tebal 8mm, nilai *U-value* 5,227 W/m²K, dan nilai SC kaca 0,55. Sedangkan material non transparan didominasi dinding bata ringan dan aluminium Composit Panel warna metalik, serta *curtain wall*.
- g. Sisi Barat Daya tidak memiliki *sun shading devices*, begitu pula sisi-sisi yang lain. Pembayangan yang terbentuk pada selubung bangunan disebabkan oleh desain massa bangunan yang dipengaruhi pergerakan matahari harian.
- h. Hasil lain dari penelitian ini ditemukan bahwa konsumsi energi untuk menurunkan temperatur efektif dan kelembaban relatif ruangan dengan selisih 2,4°C (antara lantai 10 dan lantai 9) adalah sebesar 4,026 Watt (per m³).

6.2. Rekomendasi

Solusi yang direkomendasikan oleh peneliti untuk mengurangi nilai OTTV pada sisi Barat Daya adalah dengan penambahan desain *sun shading devices* dan rekayasa material pada fasade bangunan dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

6.2.1. Desain

Desain dari *shading devices* diutamakan pada ukuran dan bentuk yang optimal untuk mereduksi panas dari radiasi matahari, namun dengan tetap memperhatikan aspek struktur dengan mengolah dimensi yang tepat. Dalam hal ini, bentuk *shading devices* yang direkomendasikan adalah bentuk horizontal, vertikal dan kombinasi sederhana (*egg rate*). Fokus dari desain ini adalah untuk memberikan solusi yang optimal yang dapat diaplikasikan pada Menara Suara Merdeka Semarang.

6.2.2. Material

- a. Material kaca yang telah digunakan tidak memungkinkan untuk diganti, solusi yang dapat diaplikasikan adalah penambahan lapisan reflektif untuk mereduksi panas yang masuk melalui kaca. Agar tetap seragam dengan jenis material kaca yang terpasang di Menara Suara Merdeka, maka dipilih lapisan reflektif glass sebesar 60%.
- b. Material dari *shading devices* dipilih yang memiliki tingkat konduktivitas rendah, sehingga tidak menambah tingkat konduktivitas material selubung bangunan. Hal tersebut dapat dilihat pada *U-value* suatu material, semakin rendah *U-Value*, semakin rendah nilai konduktivitasnya. Material yang direkomendasikan adalah ACP (*Aluminium Composite Panel*).

Setelah dilakukan rekomendasi desain pada bangunan untuk menurunkan nilai OTTV pada fasade Barat Daya, diperoleh nilai OTTV adalah sebesar 38,80 W/m², mengalami **penurunan hingga 35%** dari nilai OTTV semula yang sebesar 59.44 W/m². Diharapkan penurunan nilai OTTV pada sisi Barat Daya dapat menurunkan kebutuhan / konsumsi energi sehingga dapat terjadi efisiensi energi pada Menara Suara Merdeka Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

- Antaryama, I.G.N., 2005. Konsekuensi Energi Akibat Pemakaian Bidang Kaca Pada Bangunan Tinggi di Daerah Tropis Lembab. , 33(1), pp.70–75.
- Arikunto, S., 1992. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*, Jakarta: PT Melton Utama.
- Asih, D.S., 2012. *Pengaruh Material Pelapis pada Fasade Bangunan terhadap Nilai OTTV*. Universitas Indonesia.
- Bagdad, M. & Fadhil, M., 2016. Green initiatives development : a case study on strategy development process (SDP) of green building-integrated energy efficiency (EE). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 234, pp.372–382. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.10.254>.
- Baharuddin, 2013. Analisis Perolehan Radiasi Matahari pada Berbagai Orientasi Bidang Vertikal. In *Temu Ilmah IPLBI*. IPLBI, pp. E1–E4.
- Baker, 1987. *Passive and Low Energy Building Design for Tropical Island Climates*, London UK: The ECD Partnership.
- Egan, M.D., 1975. *Concept in Thermal Comfort*, Prentice Hall PTR.
- Ellsworth, H., 1951. *Principles of Human Geography*, New York, USA: Wiley & Sons.
- Fanger, 1970. *Thermal Comfort: Analysis and Application in Environmental Engineering*, Denmark: Danish Technical Press.
- Givoni, B., 1998. *Climate Considerations in Building & Urban Design*, New York, USA: Van Nostrand Reinhold.
- Givoni, B., 1976. *Man, Climate and Architecture* Second., London: Applied Science Publishers Ltd.
- Haidar, M.D., 2016. *Analisis dan Visualisasi Overall Thermal Transfer Value (OTTV) Pada Selubung Bangunan Gedung L4 Perpustakaan Pusat YGM*. Universitas Gajah Mada.
- Hermawan, Prianto, E. & Setyowati, E., 2015. Thermal comfort of wood-wall house in coastal and mountainous region in tropical area. *Procedia Engineering*, 125, pp.725–731. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.114>.
- Houghton & Yaglo, 1923. Determining Equal Comfort Lines. *Journal of the American Society of Heating and Ventilating Engineers*, 29, pp.165–176.
- Indah Komalasari, R., Purwanto, P. & Suharyanto, S., 2014. Green Building Assessment Based on Energy Efficiency and Conservation (EEC) Category at Pascasarjana B Building Diponegoro University, Semarang. *American*

Journal of Energy Research, 2(2), pp.42–46. Available at: <http://pubs.sciepub.com/ajer/2/2/4/index.html>.

Karyono, T.H., 2001. Penelitian Kenyamanan Termis di Jakarta sebagai Acuan Suhu Nyaman Manusia di Indonesia. *Jurnal Teknik Arsitektur, fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Petra*, 29(1).

Lechner, N., 2001. *Heating, Cooling, Lighting, Design Methods for Architects*, New York, USA: Wiley & Sons.

Lippsmeier, G., 1997. *Bangunan Tropis*, Jakarta: Penerbit Erlangga.

Loekita, S., 2006. Analisis Konservasi Energi Melalui Selubung Bangunan. *Civil Engineering Dimension*, 8(2), pp.93–98.

Loekita, S., 2005. *Analisis Konservasi Energi Melalui Selubung Bangunan pada Gedung Perkantoran di Jakarta*. UK Petra Surabaya.

Mangunwijaya, Y.B., 2000. *Pengantar Fisika Bangunan*, Jakarta: Djambatan.

Moore, F., 1993. *Environmental Control Systems heating cooling lighting*, Singapore: McGrawHill International Editions.

Nasional, B.S., 2011. Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung SNI 03-6389-2011.

Norbert, L., 2001. *Heating, Cooling, Lighting : Design Method for Architects*, John Wiley & Sons Inc.

Olgay, 1957. *Solar Control and Shading Devices*, Princeton: Princeton University Press.

Prakoso, N.A., Lamahala, A.K. & Sentanu, G., 2014. Kajian Penerapan Material pada Selubung Bangunan yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal dan Visual. *Reka Karsa*, 2(2), pp.1–12.

Pribadi, S.B. & Indarto, E., 2013. Ketepatan Orientasi Gedung ICT Undip Berdasarkan Standar Konservasi Energi Selubung Bangunan. *Modul*, 13(1), pp.1–8.

Rattanongphisat, W. & Rordprapat, W., 2014. Strategy for Energy Efficient Buildings in Tropical Climate. *Energy Procedia*, 52, pp.10–17. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2014.07.049>.

Santoso, A.J., 2005. Konsekuensi Energi Akibat Pemakaian Bidang Kaca pada Bangunan Tinggi di Daerah Tropis Lembab. *Dimensi Teknik Arsitektur*, 33(1), pp.70–75.

Setyowati, E., 2015. *Thermal and Acoustic* 2nd ed., Semarang: CV Tiga Media Pratama.

Setyowati, E. & Setioko, B., 2013. *Metodologi Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif*, Semarang: UPT Undip Press.

- Sholichin, Y.P., 2012. *Pengaruh Material Dinding Terhadap Nilai OTTV pada Berbagai Orientasi Bangunan*. Universitas Indonesia.
- Singhpoo, C., Punnucharoenwong, N. & Benjapiyaporn, C., 2015. Study of the Effect of Temperature Differences on the Overall Thermal Transfer Value of buildings. *Energy Procedia*, 79, pp.348–353. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187661021502233X> [Accessed February 1, 2017].
- Soegijanto, 1999. *Bangunan di Indonesia dengan Iklim Tropis Lembab Ditinjau dari Aspek Fisika Bangunan*, Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Soegijanto, 2000. Standar Tata Cara Perancangan Konservasi Energi pada Bangunan Gedung. *Seminar Hemat Energi dalam Bangunan*.
- Sook, S., Jeong, M. & Don, Y., 2016. Policies and status of window design for energy efficient buildings. *Procedia Engineering*, 146, pp.155–157. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.366>.
- Sukawi, 2010. Kaitan Desain Selubung Bangunan Terhadap Pemakaian Energi Dalam Bangunan. In Semarang, ed. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim, pp. E1–E11.
- Suyoto, W., Indraprastha, A. & Purbo, H.W., 2015. Parametric Approach as a Tool for Decision-making in Planning and Design Process . Case study : Office Tower in Kebayoran Lama . *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 184(August 2014), pp.328–337. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.05.098>.
- Szokolay, S. V, 1920. *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*, Lancaster England: The Construction Press Ltd.
- Szokolay, S. V, 1987. *Thermal Design of Buildings*, Canberra, Australia: RAIA Education Division.
- Talarosha, B., 2005. Menciptakan Kenyamanan Termal Dalam Bangunan. *Sistem Teknik Industri*, 6(3), pp.148–158.
- Thi, P. & Ha, H., 2016. A Concept for Energy-Efficient High-Rise Buildings in Hanoi and a Calculation Method for Building Energy Efficiency Factor. *Procedia Engineering*, 142, pp.154–160. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.02.026>.
- Vijayalaxmi, J., 2010. Concept of Overall Thermal Transfer Value (OTTV) in Design of Building Envelope to Achieve Energy Efficiency. , 1(2), pp.75–80.
- Standar Nasional Indonesia, 2000. Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung SNI 03-6389-2000. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.